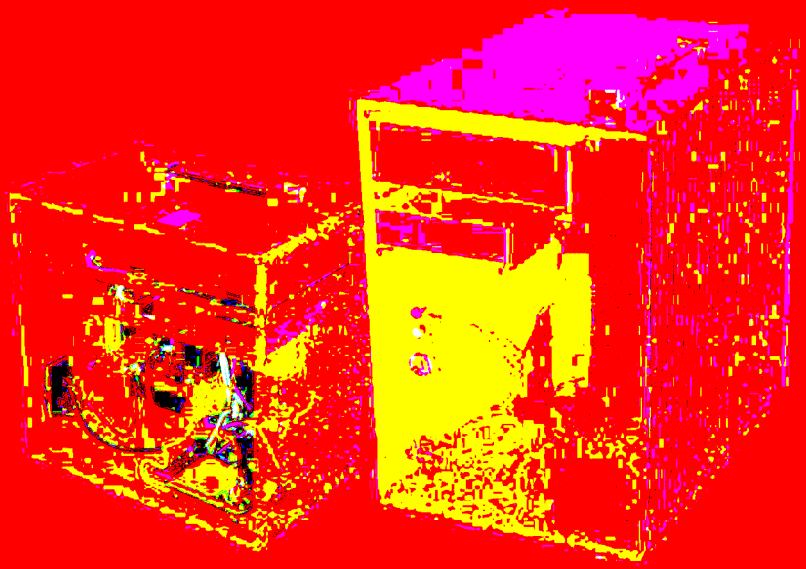
ELETTRONICA

LA RIVISTA DI ELETTRONICA APPLICATA, TECNOLOGIE E PRODOTTI

236

FEBBRAIO 2005 - ANNO 21 - € 4,50

Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano.
In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano



Silent PC

IL PROGETTO COMPLETO DI UN PC SILENZIOSO

Il sistema DCC

SISTEMA DI CONTROLLO DIGITALE PER PLASTICI FERROVIARI

ELETTRONICA 2000

2ª puntata

I COMPONENTI NEI CIRCUITI ELETTRONICI

PRATICA

Telecomando ad onde convogliate

TEORIA

Vitamina C:

Strutture dati dinamiche

Alimentatori switching:

Le perdite di energia

SPECIALE

Introduzione alle architetture ARM

ISSN 1591-2272

INWARE EDIZIONI

40016 San Giorgio di Piano (BO) - Via dell'Artigiano, 8/6
Tel. 051 - 892052 (4 linee r.a.) - Fax 051 - 893661
E-mail: grifo@grifo.it - Web sites: http://www.grifo.it, http://www.grifo.com

grifo®
ITALIAN TECHNOLOGY

GPC abaco - "grifo" sono marchi registrati della grifo®

FareELETTRONICA
www.farelettronica.com

DIRETTORE RESPONSABILE:
Antonio Cirella
a.cirella@farelettronica.com

DIRETTORE DI REDAZIONE:
Tiziano Galizia
t.galizia@farelettronica.com

DIRETTORE TECNICO:
Maurizio Del Corso
m.delcorso@farelettronica.com

HANNO COLLABORATO IN QUESTO NUMERO:
Maurizio Del Corso, Enzo Brusati, Riccardo Nicoletti, Antonio Di Stefano, Gianroberto Negri, Corrado D'Achille, Romano Bernarducci, Enrico Raffone, Mino Mazzella

DIREZIONE - REDAZIONE - PUBBLICITÁ
INWARE srl
Via Cadorna, 27/31
20032, Cormano (MI)
Tel. 02.66504794 - 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inware.it - www.inwaredizioni.it

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE:
Graficonsult - Milano
info@graficonsult.com

STAMPA:
ROTO 2000
Via Leonardo da Vinci, 18/20
20080, Casarile (MI)

DISTRIBUZIONE:
Parrini & C. S.p.a.
Viale Forlanini, 23
20134, Milano.
Il periodico Fare Elettronica è in attesa del numero di iscrizione al ROC

UFFICIO ABBONAMENTI
PARRINI & C. S.p.a.
Servizio abbonamenti
Viale Forlanini, 23 - 20134 Milano
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@farelettronica.com
Tel. 02.66504794 - Fax. 02.66508225

Poste Italiane S.p.a.
Spedizione in abbonamento Postale D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano.
Abbonamento per l'Italia: € 39,00
Abbonamento per l'estero: € 99,00

Per la sottoscrizione degli abbonamenti, utilizzare il modulo stampato in ultima pagina.

Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, al seguente costo:
Numero singolo: € 7,50
Numero doppio: € 9,00
Numero con allegato: € 8,50

Autorizzazione alla pubblicazione del Tribunale di Milano n. 647 del 17/11/2003 INWARE srl.
© Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati.
Manoscritti, disegni e fotografie sono di proprietà di INWARE srl.
Diritti d'autore: La protezione del diritto d'autore è estesa non solamente al contenuto redazionale di Fare Elettronica ma anche alle illustrazioni e ai circuiti stampati. Conformemente alla legge sui Brevetti n.1127 del 29-6-39, i circuiti e gli schemi pubblicati su Fare Elettronica possono essere realizzati solo ed esclusivamente per scopi privati o scientifici e comunque non commerciali.
L'utilizzazione degli schemi non comporta alcuna responsabilità da parte della Società editrice. La Società editrice è in diritto di tradurre e/o fare tradurre un articolo e di utilizzarlo per le sue diverse edizioni e attività, dietro compenso conforme alle tariffe in uso presso la società stessa.
Alcuni circuiti, dispositivi, componenti ecc. descritti in questa rivista possono beneficiare dei diritti propri ai brevetti: la Società editrice non assume alcuna responsabilità per il fatto che ciò possa non essere menzionato.

Note dalla redazione

Tiziano Galizia
t.galizia@farelettronica.com

Il silenzio è d'oro...

Ho acquistato il mio primo PC, se non ricordo male, nel 1988, da allora l'ho aggiornato costantemente alla ricerca di prestazioni sempre migliori. Purtroppo questo incremento ha creato nel tempo un fastidioso effetto indesiderato: il rumore generato dalle ventole, diventate sempre più grosse e numerose.
Ammetto di essere davvero esigente in fatto di silenziosità, ma se possedete un computer di ultima generazione (non un notebook) capirete cosa intendo. Lavorare con quel rumore costante in sottofondo è davvero fastidioso, si è vero che dopo un po' ci si abitua e non ci si fa più caso, ma nel silenzio del mio ufficio è il rumore predominante. La goccia che ha fatto traboccare il vaso è stato il mio ultimo PC, una macchina dalle prestazioni eccellenti, ma dotata di ben 4 ventole: alimentatore, microprocessore, scheda video e case. In pratica un aspirapolvere!
Ho restituito il PC al rivenditore chiedendogli di renderlo il più silenzioso possibile e così è stato, ma il conto che ho dovuto pagare per questo abbattimento ammontava a quasi 300 Euro. Ho pagato auto-convincendomi che ne valesse la pena, ma tornato a casa ho scoperto che il rumore era sì attenuato drasticamente, ma aveva ancora un livello tale da procurarmi fastidio.
A questo punto sono ritornato dal rivenditore, gli ho dato indietro il PC e ho acquistato un portatile, naturalmente ho dovuto pagare una cospicua differenza. Molti produttori stanno creando nuovi prodotti con particolare attenzione al rumore, ma ritengo che sia una lotta impari, i moderni dispositivi hanno bisogno di dissipare calore e, a meno di usare dei costosissimi dissipatori a liquido, la ventola rimane la soluzione più economica.
Certo una soluzione sarebbe quella di ridurre la potenza di elaborazione, ma chi è disposto a tornare indietro?
Se anche voi siete alla ricerca di una soluzione ai problemi di rumore, troverete estremamente interessante l'articolo del "Silent PC", un computer che non usa ventole pur fornendo prestazioni sufficienti per gli impieghi più comuni.
Ma questa non è l'unica novità di questo mese, presentiamo infatti la prima di tre puntate dedicate al sistema DCC, al termine della serie sarete in grado di dare nuovo smalto al trenino elettrico che avete abbandonato in soffitta, il bambino che è in voi (o i vostri bambini) ne sarà felice.
Naturalmente altri interessantissimi articoli completano questo numero; concludo quindi augurandovi una piacevole lettura e rinnovandovi l'appuntamento in edicola a Marzo.

Note dall'editore

Antonio Cirella
a.cirella@farelettronica.com

Il dilemma dell'Informazione

Nel 1999, in piena esplosione "dot-com", le numerose società start-up si rivolgevano al mondo business-to-business convinte che internet potesse migliorare notevolmente il modo di proporre i prodotti, che avveniva tradizionalmente attraverso i distributori. La loro battaglia passò sotto il nome di "disintermediazione", ovvero l'eliminazione del distributore che si inseriva tra il produttore e l'OEM.
I distributori di elettronica si opposero, elaborando le proprie strategie Web, ma immediatamente i saggi di internet li additarono impietosamente come dinosauri in via di estinzione.
Come tutti sanno però, già verso la metà dell'anno successivo (era il 2000), la rivoluzione "dot-com" era quasi completamente evaporata ed oggi sono proprio quelli dei distributori di elettronica i siti web più apprezzati dai progettisti. Mettetevi infatti nei panni di un responsabile acquisti di un'azienda di progettazione elettronica che ha la necessità di acquistare qualche pezzo per un prototipo. Non necessita della sigla esatta, va infatti su un sito di un distributore qualsiasi (Farnell, RS, Distelec, Avnet, solo per citarne alcuni) ed utilizzando anche solo una parte del codice o una piccola descrizione delle funzioni risolve il problema in tempi rapidissimi. Ma non solo, spesso sono disponibili informazioni sui prezzi per quantità, utilissimi per la definizione dei costi di produzione (BOM), datasheet ed anche un supporto tecnico qualificato.
Alcuni distributori, Avnet è tra questi con il database Promiere, vanno oltre le disponibilità offerte dal proprio stock. Promiere infatti, permette di effettuare ricerche tra 12 milioni di codici, mentre il magazzino Avnet non raggiunge le 500 mila parti.
È possibile andare sul sito Avnet ed utilizzare questa incredibile risorsa a costo zero, un database agnostico che offre solo i componenti disponibili, non inquinati da quelli di futura (incerta) produzione.
Un'altra impressionante risorsa per i progettisti è PartMiner: un database di 32 milioni di componenti di 1800 costruttori diversi, che va indietro di 50 anni! Presto includerà anche i più recenti componenti cinesi che stanno arrivando come alternative economiche ai componenti dell'area considerata commodity.
Nonostante questi numeri lascino davvero a bocca aperta, non sono la cosa più importante. Ciò che davvero conta è l'accuratezza delle informazioni, attualmente stabilita tra il 95 e il 98 percento per la gran parte dei database.

Richieste di assistenza

Per richiedere assistenza o chiarimenti sugli articoli pubblicati, vi preghiamo di contattare l'autore, il cui nome ed indirizzo email è sempre riportato sotto il titolo dell'articolo stesso.
Nel caso ciò non fosse possibile potete scrivere a mailbox@farelettronica.com, ricordandovi di specificare il numero della rivista ed il titolo dell'articolo per il quale chiedete chiarimenti, oltre al vostro nome, cognome ed indirizzo e-mail.
Tutte le richieste con informazioni insufficienti o anonime non saranno prese in considerazione.

Collaborare con Fare Elettronica

La redazione di Fare Elettronica è alla ricerca di collaboratori per la stesura di articoli, progetti, tutorials, rubriche e libri.
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate a Tiziano Galizia *(t.galizia@farelettronica.com)* e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

Come contattarci

INWARE Edizioni
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)

Telefono 02.66504794
Fax 02.66508225

Redazione:
redazione@farelettronica.com

Ufficio Abbonamenti:
abbonamenti@farelettronica.com

Elenco inserzionisti

Alter Logix	7
A.R.I. Pescara	41
A.R.I. Pompei	III cop
Blu Nautilus	23
Eurocom Pro	71
Futura	15-59-75-111
Grifo	II cop
Ital Electronics	31
Parsic	79
Scuola Radio Elettra	IV cop

Sommario

236
Febbraio
2005

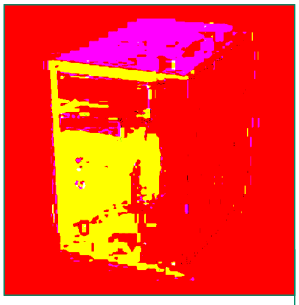
Pratica

Silent PC 32
di Enzo Brusati

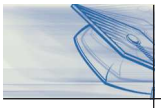
Il sistema DCC (prima parte): Introduzione 54
di Corrado D'Achille

Telecomando ad onde convogliate 98
di Mino Mazzella

Febot (sesta parte): Impianti e trapianti 112
di Tiziano Galizia e Maurizio Del Corso



pag. 32



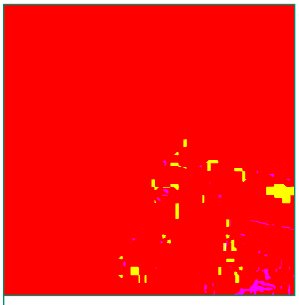
Teoria

Elettronicando (seconda parte): I componenti dei circuiti elettronici 12
di Riccardo Nicoletti

Vitamina C (sedicesima parte): Strutture dati dinamiche 48
di Antonio Di Stefano

Alimentatori switching (terza parte): Le perdite di energia 82
di Romano Bernarducci

Applicazioni embedded (sesta parte): Il programma di supervisione 104
di Gianroberto Negri



pag. 54

pag. 98

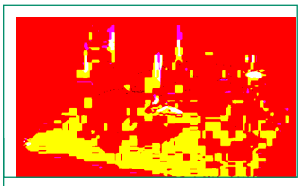
Risorse

Mailbox 6

News 8

Notepad 10

Gli appuntamenti di Febbraio 2005 46



pag. 112

Speciale

Introduzione alle architetture ARM
di Enrico Raffone pag. 66

Scrivete a:
MAILBOX
REDAZIONE DI
FARE ELETTRONICA
Inware s.r.l.
Via Cadorna, 27/31
20032, Cormano (MI)

Oppure inviate un'email a:
mailbox@farelettronica.com

Mailbox

Questa rubrica ospita le richieste più interessanti pervenute dai lettori. Per quanto possibile verrà data risposta a tutte le richieste pervenute via email.

FOTOBARRIERA

Spett.le Redazione, sono un appassionato di fotografia ed avrei bisogno di un circuito in grado di azionare il flash della macchina fotografica quando un oggetto in movimento attraversa una sensore.
Questo mi permetterebbe di lasciare l'obiettivo aperto ed impressionare la pellicola al momento opportuno. Sicuro di una vostra risposta vi ringrazio e porgo distinti saluti

Giovanni Coli

Il circuito richiesto è quello di figura 1 in cui il LED verde, ad alta luminosità, illumina costantemente il fototransistor TIL81.
Quando il fascio luminoso del led viene interrotto, viene innescato un impulso di comando per il flash, con un ritardo impostabile mediante il potenziometro P1. Ovviamente il LED deve trovarsi all'esterno della zona fotografata per evitare di impressionare la pellicola.

VARISTORE

Spett.le Redazione, vorrei sapere che cosa è un varistore e qual'è il suo impiego nei circuiti elettronici.
Grazie per la vostra disponibilità

Renato Mottes

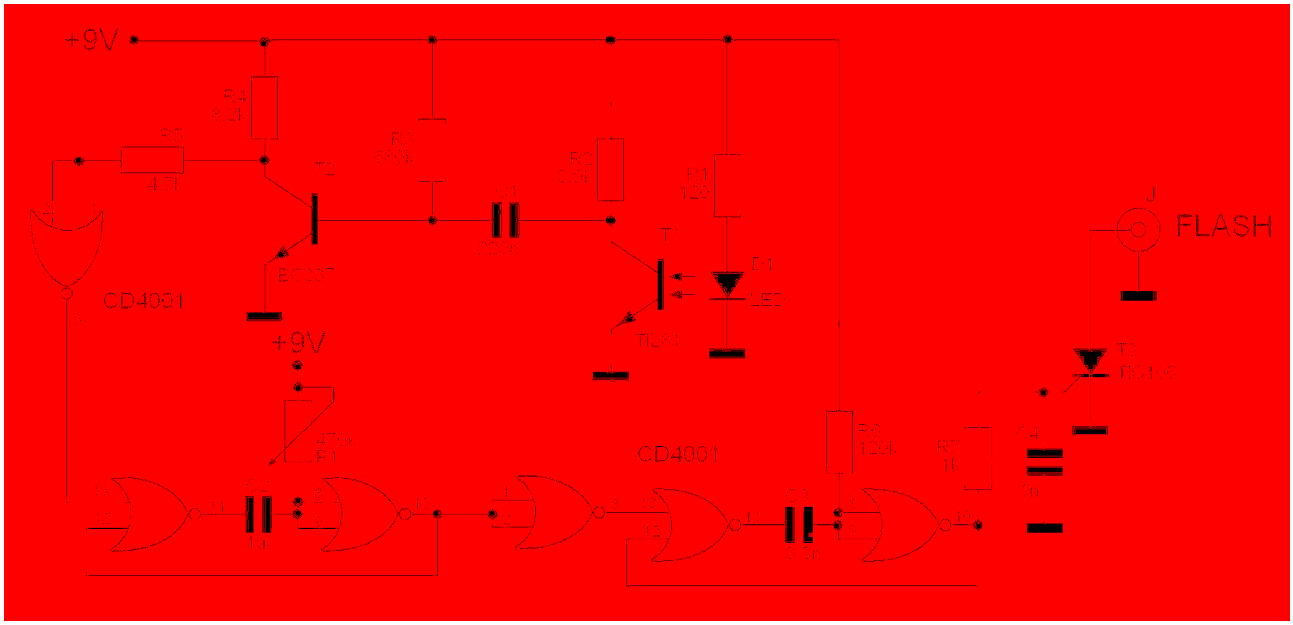


Figura 1 Schema elettrico della fotobarriera

“Richieste, chiarimenti, dubbi e commenti dai lettori”

Un varistore è un componente la cui resistenza diminuisce linearmente all’aumentare della tensione applicata (indipendentemente dalla polarità).
Tipicamente servono a proteggere da sovratensioni temporanee, quali quelle generate dalla scarica di un fulmine, un errore di installazione, interruzione e/o cattivo contatto del conduttore neutro, nonché a causa di carico asimmetrico nella rete trifasica.
I varistori, collegati in parallelo a un carico, costituiscono, in caso di sovratensioni, un collegamento in derivazione a bassa impedenza, proteggendo in questo modo le unità sensibili alla tensione.
Nelle lampade a risparmio energetico, ad esempio, proteggono i condensatori in mylar dalle sovratensioni.
In pratica se la tensione aumenta oltre i limiti consentiti, il varistore diminuisce la sua resistenza in modo da deviare verso massa le sovracorrenti, proteggendo così tutta la circuiteria a valle.

Questo spazio è gentilmente offerto da **EONews**, il Quindicinale di notizie e commenti per l'industria elettronica di **VNU Business Publications Italia.**

News 426

MICROCONTROLLORE A BASSA POTENZA

Em6607 di Em Microelectronic (Ebv) è un microcontrollore Risc low-power, low-voltage caratterizzato da quattro I/O ad alta corrente e dall'equivalente di 4 Kb Rom e funzionante su un cristallo da 32 kHz. È disponibile in package Tssop e So da 24 e 28 pin ed in die form per facilitare confezionamenti di sistemi a densità ultra elevata. Le uscite possono pilotare fino a 30 mA a 3,0 V con tensione di dropout di 500 mV, rendendolo la scelta perfetta per azionare motori passo, Led, Triac, bus e Eeprom esterni. Può inoltre fungere da alimentatore per altri dispositivi nel sistema. Funziona da una singola alimentazione da 1,2 a 3,6 V. Consuma solo 1,8 microA in modalità attiva e 0,3 microA in modalità standby, funzionando a 32 kHz e con un'alimentazione di 1,5 V.

readerservice.it 426 - 51

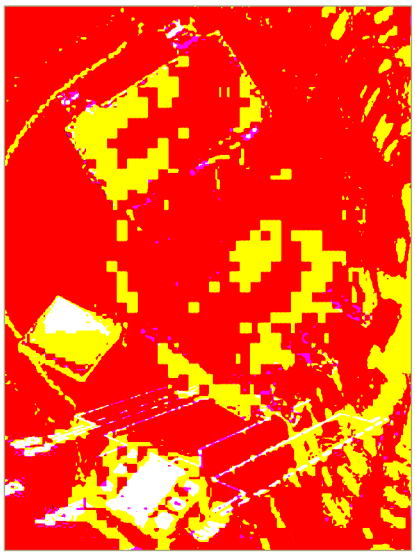
SDRAM DDR2 CON FPGA STRATIX II

Altera Corporation ha annunciato che la propria famiglia di FPGA Stratix II è interoperabile con i dispositivi SDRAM DDR2 di alcuni leader del settore: Infineon Technologies, Micron Technologies e Samsung Electronics Co. Ltd. La soluzione di interfaccia di memoria di Altera, che opera a frequenze che possono raggiungere i 533 Mbps, garantisce prestazioni doppie rispetto all'FPGA da 90-nm, concorrente diretto. Usando dispositivi specificati fino a 533 Mbps, Altera è riuscita a dimostrare anche una frequenza massima di trasmissione dei dati di 640 Mbps con i componenti DDR2 di Infineon, Micron e Samsung. I progettisti sanno quindi di avere a disposizione un elevato margine, per quanto riguarda le specifiche dinamiche, che facilita la realizzazione e l'industrializzazione di progetti da 533 Mbps. L'interoperabilità è stata verificata direttamente in hardware.

readerservice.it 426 - 53

REGOLATORE DI TENSIONE

Il nuovo modello Xc6207 di Torex Semiconductor (Acal Italia) è un regolatore di tensione a bassa caduta, elevata velocità e minimo rumore con una marcia in più: la modalità di funzionamento ecologico che ne ottimizza l'efficienza in termini di risparmio energetico. Offre una soluzione decisamente accattivante per un'ampia gamma di applicazioni palmari e portatili, tra cui telefoni cellulari, dispositivi di comunicazione wireless, Pda,



videogiochi, videocamere e dispositivi Av. Fornisce un'ampia gamma di tensioni in uscita (da 0,8 a 5,0 V) selezionabili ad incrementi di 50 mV. La tensione di funzionamento varia tra 2,0 e 6,0 V e la corrente massima in uscita è di 300 mA.

readerservice.it 426 - 55

MICROCONTROLLORE PER SISTEMA WIRELESS UNIVERSALE

Cyan Technology (Esco Italiana) ha annunciato che eCog1, il proprio microcontrollore configurabile a bassa potenza, è stato selezionato quale modulo di comunicazione centrale di un potente e flessibile sistema di comunicazione wireless sviluppato da Pic ed attualmente in prova presso la Bbc ed altri partner del proget-

to Sword. Il sistema wireless, noto come Universal Wiress Node, di Pic, può interfacciare in modo lineare un'ampia gamma di sensori - analogici, digitali o visivi - e dispositivi telematici ad una molteplicità di modem wireless.
Le interfacce wireless opzionali comprendono Gsm, Gprs, Ieee802.11x (WiFi) e comunicazioni satellitari con una velocità di trasferimento dati da 9,6 kbps a 52 Mbps.
Ciò rende il sistema adatto a un'ampia gamma di applicazioni video, fermo immagine e telematiche di qualità broadcast.

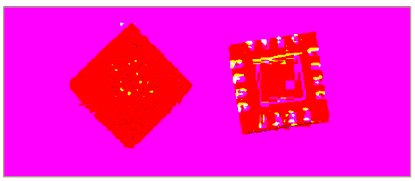
readerservice.it **426 - 56**

NUOVA FAMIGLIA DI CONVERTER DIGITALE-ANALOGICO

Microchip ha annunciato i primi membri di una nuova famiglia di convertitori digitale-analogico (DAC) low-power. I modelli MCP4921 e MCP4922 con risoluzione a 12-bit utilizzano una architettura resistiva che garantisce consumi contenuti (350 microamp), errore DNL (Differential Non-Linearity) ridotto (meno di +/- 0.2LSB) e dimensioni compatte (compreso il package 8-pin MSOP).
L'elevata accuratezza rende questi dispositivi una soluzione ideale per le applicazioni di controllo set-point legate a un vasto spettro di sistemi di comunicazione e di soluzioni palmari alimentate a batteria. I dispositivi sono controllati attraverso interfaccia SPI e operano con alimentazioni da 2.7 a 5,5 Volt.

readerservice.it **426 - 57**

ENCODER-DECODER PER APPLICAZIONI A INFRAROSSI SERIALI IRDA



Agilent Technologies ha presentato il chip encoder-decoder (EnDec) più piccolo del settore destinato a telefoni cellulari e numerose altre applicazioni che richiedono una connettività a infrarossi seriale (SIR). Il modello EnDec presenta un ingombro ridotto del 75% e consente di sfruttare al meglio i ricetrasmettitori a infrarossi (IR) per le comunicazioni senza fili point-to-point in telefoni cellulari e altri piccoli dispositivi portatili.
Il modello Agilent HSDL-7002 SIR EnDec della Agilent Semiconductor Products Group ha un'altezza di 0,8 mm e una base di 4,0 x 4,0 mm. È conforme alle specifiche 115,2 kb/s SIR della IrDA (Infrared Data Association) e viene fornito in un pacchetto a 16 pin quad-flat-no lead (QFN).
Il nuovo EnDec offre le stesse prestazioni del modello precedente HSDL-7001 SIR EnDec, ma presenta un ingombro decisamente inferiore e un costo minore del 10-20%.

readerservice.it **426 - 60**

Come ottenere maggiori informazioni

EONews offre il servizio "reader service" che vi consente, utilizzando l'apposito codice riportato alla fine di ogni news, di ricevere maggiori informazioni.

Visitate il sito **www.readerservice.it** e compilate la cartolina virtuale con i vostri dati, il numero della rivista, questo mese il **426**, ed i numeri di reader service presi dalle notizie che vi interessa approfondire.

EONEWS provvederà, tempestivamente, a contattare le aziende interessate, che invieranno al vostro indirizzo tutta la documentazione disponibile.

Dal blocco note di Fare Elettronica una raccolta di idee da tenere sempre a portata di mano.

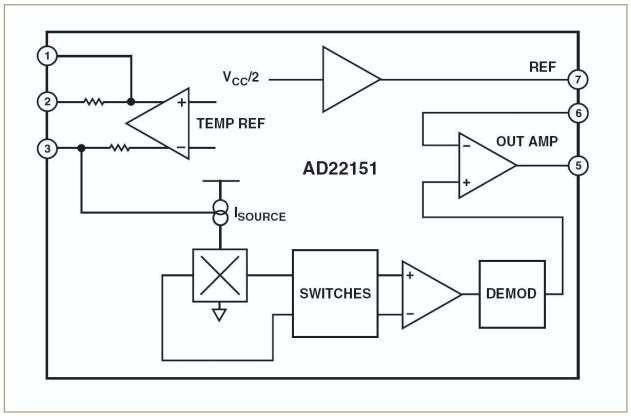
Notepad

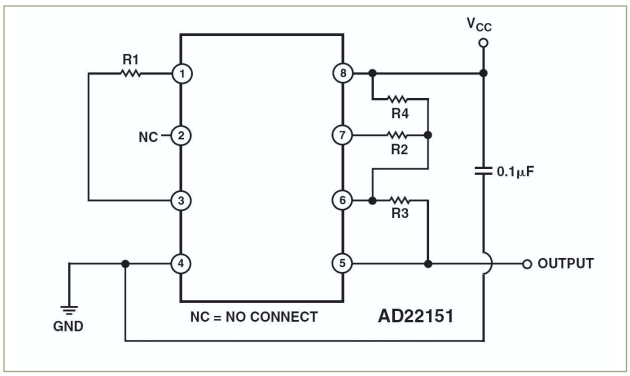
Questa rubrica ha lo scopo di fornire degli schemi applicativi o idee di progetto dei componenti elettronici più interessanti, selezionati per voi dalla redazione. Tutti gli schemi presentati sono elaborazioni di quelli ufficiali proposti dai produttori nella documentazione ufficiale.

36

UN SENSORE LINEARE DI CAMPO MAGNETICO BASATO SU EFFETTO HALL

Si tratta dell'AD22151 di Analog Devices.
La tensione di uscita del sensore è proporzionale al campo magnetico applicato perpendicolarmente alla superficie superiore del package. Alimentabile con una tensione singola di 5V, può operare in ambienti a temperatura compresa tra i -40°C e +150°C. È ideale per applicazioni automotive o industriali come sensore di posizione o di prossimità. In figura lo schema a blocchi ed uno schema applicativo.

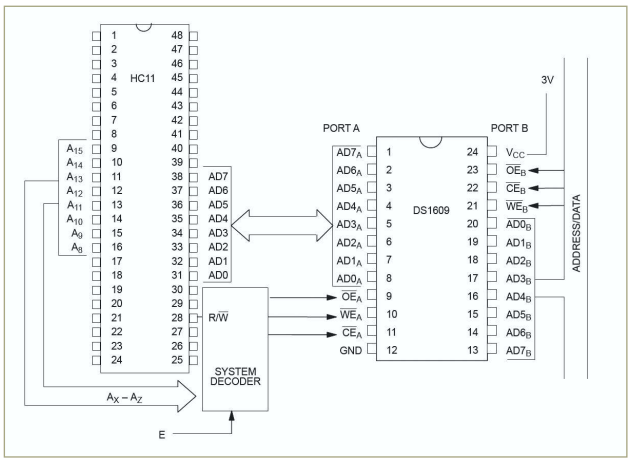




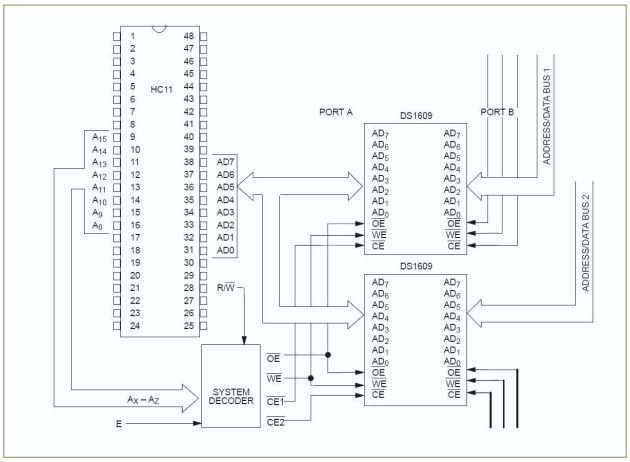
37

USO DI UNA DUAL PORT RAM DS1609 CON MOTOROLA 68HC11

Per l'implementazione con un Motorola 68HC11, i pin dati della porta A della dual port RAM possono essere connessi alla port C del micro.
La port B del micro può essere utilizzata per indirizzare una cella di memoria, per cui dovranno essere connessi ai pin di indirizzo della porta A della memoria. I segnali di controllo della RAM (/OE, /WE e /CE) vengono generati da un circui-



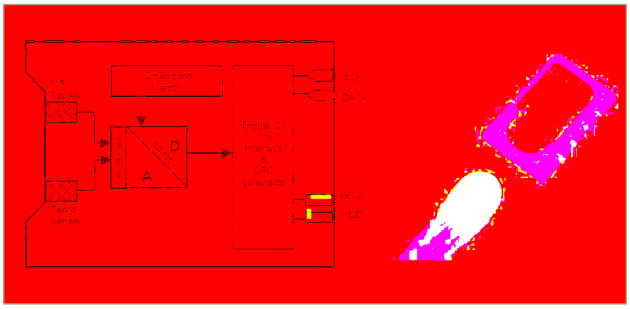
to di decodifica a partire dai segnali R/W ed Enable generati dal micro.
In figura è riportato lo schema delle connessioni ed uno schema da usare per effettuare un'espansione di memoria utilizzando due celle DS1609.

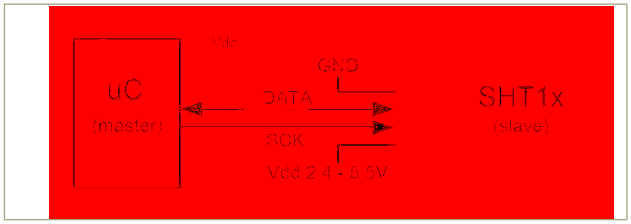


38

UN SENSORE DI UMIDITÀ E TEMPERATURA MINIATURIZZATO

SHT1x e STH7x di Sensirion sono sensori di umidità relativa e temperatura con uscita digitale calibrata. Questa serie di sensori vengono calibrati uno ad uno ed i parametri di calibrazione memorizzati nella memoria OTP del dispositivo. Il rilevamento analogico di temperatura ed umidità viene convertito in digitale mediante un convertitore AD a 14 bit quindi reso disponibile mediante una interfaccia 2-wire. In figura lo schema a blocchi del sensore ed un diagramma applicativo.

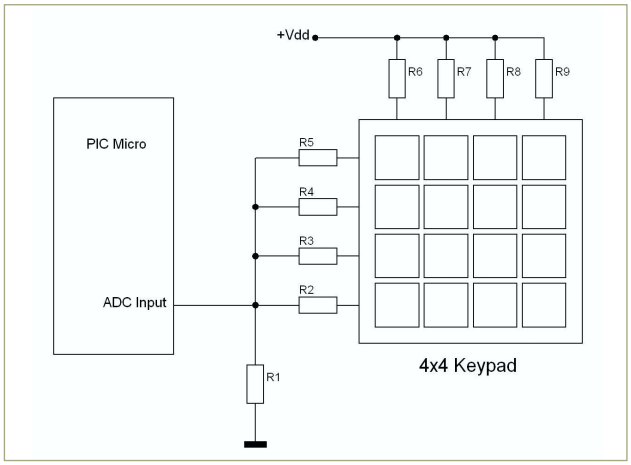




39

UNA TASTIERA 4X4 SU UN SINGOLO I/O DI UN PICMICRO

Normalmente l'uso di una tastiera 4x4 impiega 8 pin di I/O di una micro ed in particolare tutta la PORTB di un PICmicro che si presta benissimo a questo scopo grazie alla possibilità di inserire o meno i pull-up resistivi interni. In figura è illustrata una tecnica per gestire una tastiera 4x4 utilizzando un solo I/O del micro. La tecnica consiste nel selezionare una diversa resistenza alla pressione di ciascun tasto in modo da cambiare il rapporto di partizione di un partitore resistivo e leggere la tensione di uscita attraverso l'ingresso ADC del PICmicro. Questa tecnica non è utilizzabile se è prevista la pressione di più tasti contemporaneamente.



Prima parte
Breve storia dell'elettronica

Seconda parte
I componenti dei circuiti elettronici

Terza parte
I primi circuiti

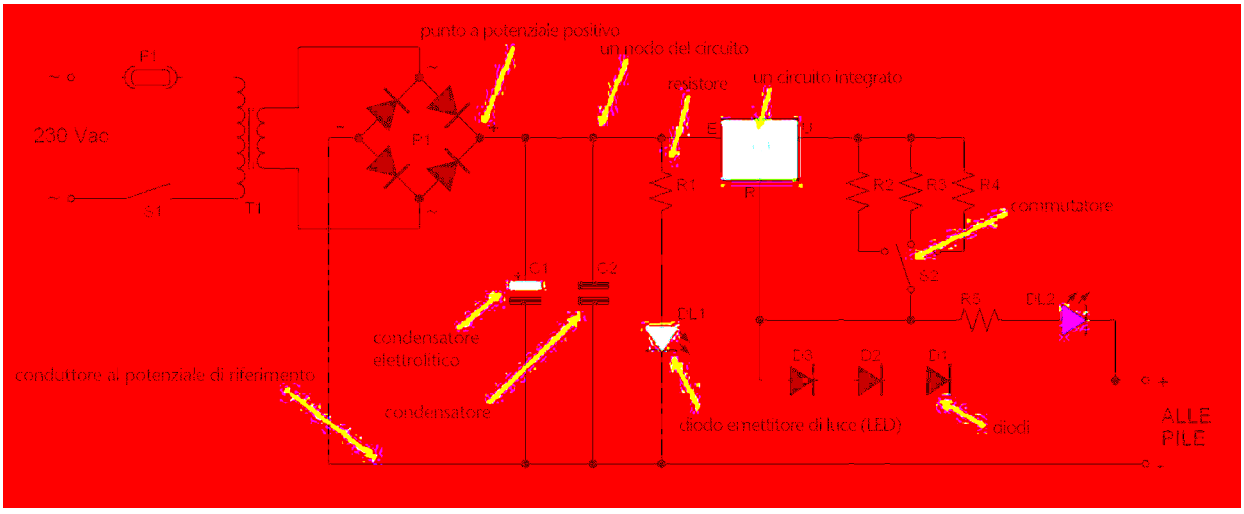
Elettronicando

Comincia da qui, dopo la breve introduzione storica della scorsa puntata, il nostro corso di elettronica di base. L'obiettivo è ambizioso, se si vuole presentare con una discreta praticità di contenuti il funzionamento dei componenti principali divertendosi a progettare semplici circuiti.

I circuiti elettronici sono tanto complessi quanto affascinanti. Ci sono anche circuiti molto semplici, dai quali partiremo, ma ne esistono anche altri per la cui realizzazione è necessario scrivere molte pagine di documentazione. Ma andiamo per gradi. Un circuito elettronico è composto da una varietà pressoché infinita di componenti; questi sono collegati tra loro tramite conduttori elettrici che formano il circuito vero e proprio. In cambio di una sorgente di alimentazione elettrica, il circuito assolverà alla funzione per la quale è stato creato. Ci serviamo del circuito di Marco Lento - che rappresenta un utilissimo caricabatterie – per mostrare vari componenti che danno vita ad un circuito elettronico. Ci sono dispositivi di varia natura: resistori, condensatori e diodi, c'è un circuito integrato ed esistono alcuni punti notevoli nello schema che sono utili sia in fase di progetto che di analisi (come ad esempio il conduttore a potenziale di riferimento ed i nodi a potenziale positivo).

Cominciando da un'analisi molto semplificata, ma non per questo meno rigorosa, dei componenti più semplici, arriveremo tra non molto alla comprensione del ruolo di ciascun componente e quindi alla completa analisi funzionale del circuito.

Avvertenza: in alcuni paragrafi che seguono siamo stati costretti, per rigore espositivo, a riportati alcune relazioni contenenti operazioni matematiche forse non troppo familiari. Per esigenze di spazio non ci siamo dilungati su tali argomenti, ma siamo a completa disposizione dei Lettori per presentare ulteriori approfondimenti nelle prossime puntate.



di Riccardo Nicoletti
r.nicoletti@farelettronica.com

I componenti dei circuiti elettronici

MATERIALI CONDUTTORI, SEMICONDUTTORI ED ISOLANTI

Tutti i corpi manifestano una certa resistenza al passaggio della corrente elettrica, ma non tutti si comportano allo stesso modo. Questo fatto dipende dalla struttura interna dei vari materiali e più precisamente da come sono disposti gli elettroni degli strati più esterni degli atomi del materiale in questione.
Seguendo una classificazione molto elementare potremmo dire che si chiamano *conduttori* quei materiali i cui elettroni periferici dei loro atomi non sono vincolati ad essi, mentre si chiamano *isolanti* quando detti elettroni sono strettamente legati agli atomi di appartenenza; un *semiconduttore* è invece un materiale che possiede caratteristiche elettriche intermedie fra quelle dei conduttori e quelle degli isolanti. I semiconduttori sono una classe di materiali molto importanti in elettronica e rivestono un ruolo fondamentale nell'elettronica dei dispositivi allo stato solido. Il semiconduttore più importante è il Silicio, di cui ci occuperemo presto.

Definizione di intensità di corrente elettrica e densità di corrente

La corrente elettrica è generata dal *movimento ordinato* di cariche elettriche, pertanto si può dire che siamo in presenza di una corrente elettrica dovunque ci siano cariche elettriche che si muovono di moto ordinato. Per generare un moto ordinato di cariche elettriche occorre un *campo elettrico.*
Consideriamo un corpo conduttore in cui ci siano delle cariche in movimento con una certa velocità. Se prendiamo una sezione S del conduttore, attraverso di essa fluirà in ogni istante una certa quantità di cariche. Si definisce intensità di corrente I la quantità di carica Q che transita attraverso la sezione S nel tempo t:

$$I = Q/t$$

Lo scienziato francese *Andrè Marie Ampére* (Poleymieux-au-Mont-d'Or, Lione, 1775 - Marsiglia 1836) - effettuò innumerevoli studi sulle azioni elettrodinamiche fra conduttori percorsi da corrente e pertanto è stata a lui dedicata l'unità di misura della corrente elettrica, l'AMPERE, che si indica col simbolo A.

Si dice che in un conduttore scorre una corrente di 1 AMPERE quando, attraverso una sezione S, passa la carica di 1 COULOMB nel tempo di 1 SECONDO.

Questa "quantità di carica" di cui parliamo, costituita da quegli elettroni degli strati periferici dell'atomo di cui abbiamo accennato, potrà fluire con facilità attraverso un materiale conduttore, mentre incontrerà molte difficoltà nell'attraversare un isolante.
Sono materiali buoni conduttori l'oro, l'alluminio, l'argento e il rame; sono materiali isolanti (quindi cattivi conduttori dell'elettricità) la gomma, il vetro, il legno e la carta.
I materiali *semiconduttori* sono talmente partico-

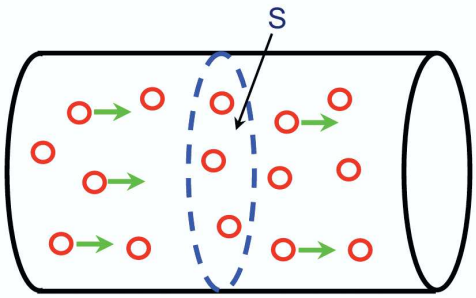


Figura 1 *Cariche in movimento attraverso un corpo conduttore*

lari (e da qui deriva la loro importanza in elettronica) che in alcune situazioni sono cattivi conduttori mentre in altre tendono a diventare dei conduttori eccellenti. Vedremo in seguito cosa regola questo misterioso meccanismo.

I CIRCUITI ELETTRICI

I circuiti elettrici ed elettronici sono costituiti da un insieme di componenti, collegati in modo da eseguire una funzione ben precisa. Un circuito elettronico realizza di solito un *"trattamento"* o una *"elaborazione"* di un segnale di ingresso, al fine di ottenere un opportuno segnale di uscita.
Per fare un esempio, l'amplificatore del vostro impianto stereo ha il compito di prelevare il bassissimo segnale uscente dal lettore CD e di amplificarlo in modo che voi lo possiate ascoltare comodamente.

L'insieme dei componenti che costituisce il circuito è collegato da *conduttori elettrici* che consentono il passaggio della corrente elettrica da un componente ad un altro. In una piastra di circuito stampato, che tutti conoscete benissimo, i conduttori sono rappresentati dalle piste di rame "stampate" sulla piastra.
Tutti i componenti presenti assolvono funzioni specifiche, vediamo quindi di capire chi sono i principali e cosa fanno.

I GENERATORI ELETTRICI

Affinchè in un circuito possa circolare una corrente elettrica, è necessario che ci sia qualcuno capace di dare alle cariche elettriche una certa *"energia"* in modo da consentirne il transito nel circuito.
Questa energia è in realtà rappresentata da quella che si chiama *"forze elettromotrice del generatore" (f.e.m.)*, indicata poi in generale come *"differenza di potenziale (d.d.p.)"* o *"tensione elettrica"*.
Il generatore elettrico lo si può pensare, in modo figurato, proprio come una *"pompa di cariche"*, che innalza le stesse ad un potenziale positivo per consentirne la circolazione nel circuito.

Figura 2 *Funzione generica di un circuito elettronico*

Corrente elettrica

La corrente elettrica è costituita da un moto ordinato di cariche elettriche. Affinché in un conduttore fluisca una corrente elettrica è necessaria la presenza di un campo elettrico creato da un "generatore elettrico".

Quando comunemente diciamo "una pila da 9 volt" ci riferiamo ad un generatore di tensione capace di stabilire tra i suoi morsetti una differenza di potenziale di 9 volt. Il "volt" – il cui simbolo è "V" – è appunto l'unità di misura della tensione elettrica, in onore del fisico italiano Alessandro Volta (1745-1827), che pubblicò numerosi lavori scientifici sull'argomento e realizzò la prima pila.
Il valore di questa tensione è responsabile del moto di cariche attraverso un corpo conduttore.

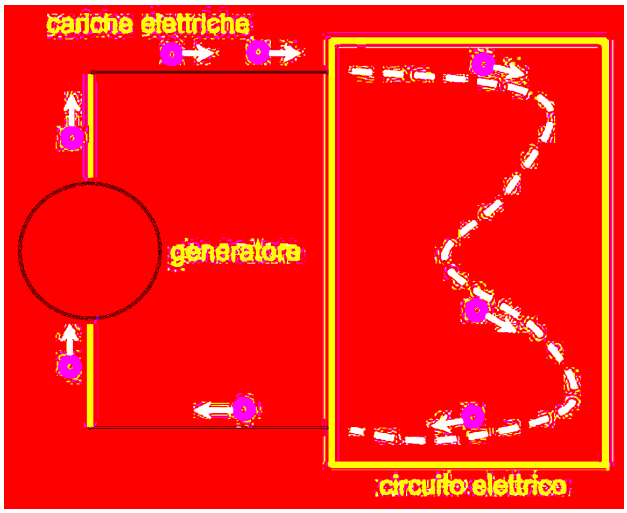


Figura 3 *Il generatore elettrico fornisce energia alle cariche elettriche*

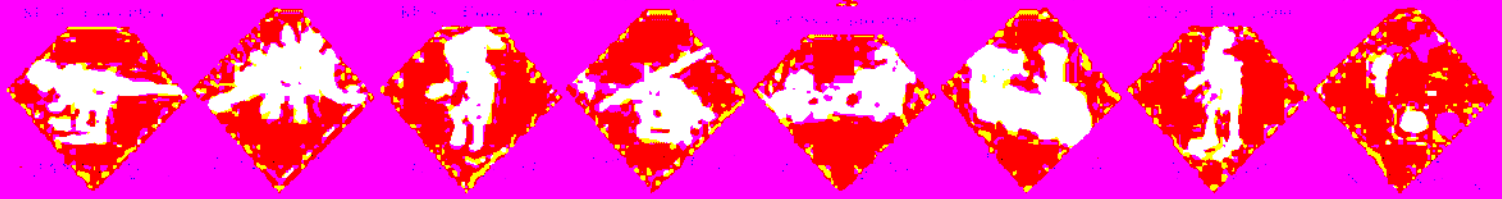
ROBOT

ROBOT [illegible]

MINI ROBOT

MICROBUG ELETTRONICO

ROBOT SERISCONTRO



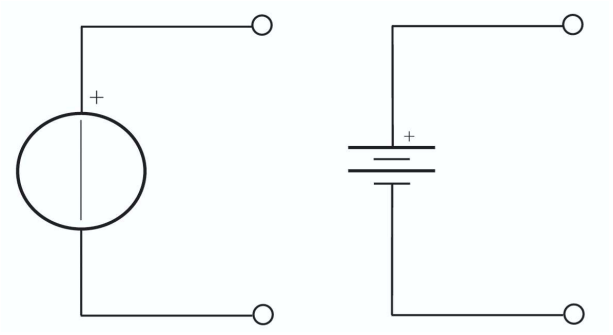


Figura 4 *Simboli grafici per i generatori elettrici in corrente continua*

In particolare, la differenza di potenziale ha una *"polarità"*, cioè esiste un punto che possiede un potenziale elettrico maggiore rispetto ad un altro. Se chiamiamo A il punto con potenziale superiore rispetto a quello del punto B, allora si dice che la differenza di potenziale tra A e B è positiva; questo viene indicato sui generatori con un simbolo "+" su uno dei due morsetti.
La polarità del generatore indica in quale verso fluiranno le cariche elettriche nel circuito a cui sarà collegato.

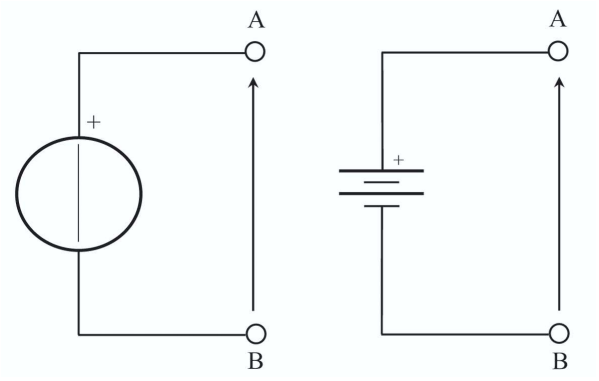


Figura 5 *Indicazione della d.d.p. ai morsetti di un generatore in c.c..*

Se toccate con un dito un morsetto di una pila da 9V e mettete il dito dell'altra mano sul secondo morsetto non accadrà nulla, in quanto la tensione della pila NON È CAPACE (perché insufficiente) di indurre al moto le cariche elettriche presenti nel nostro corpo (non dimentichiamoci che il nostro cervello controlla il nostro corpo mediante impulsi elettrici!).
Potete provare a toccare la pila, non succede niente! Ben altra cosa sarebbe inserire le dita della mano nei poli di una presa elettrica domestica (NON LO FATE!, è pericoloso!); tra i poli della presa è presente una tensione di 220 V, sufficiente a causare danni anche irreversibili al nostro corpo, e soprattutto al nostro cuore.

Figura 6 *Alcune batterie di tipo commerciale*

Il cuore vive comandato da piccoli impulsi elettrici e l'intromissione di un generatore elettrico molto forte ne potrebbe causare un comportamento anomalo ed anche un'avaria. Spero che questi esempi vi facciano capire la diversità degli effetti di vari generatori che incontriamo quotidianamente.

Questo esempio ci fa venire in mente anche un altro concetto. L'elettricità di cui disponiamo in casa si chiama *"corrente alternata"*, mentre quella delle batterie è *"corrente continua"*.
Sono due delle più comuni modalità con cui si può erogare energia elettrica ad un circuito: nel primo caso il flusso di cariche ha due versi (precisamente la tensione erogata possiede un andamento sinusoidale), mentre nel secondo è unidirezionale.

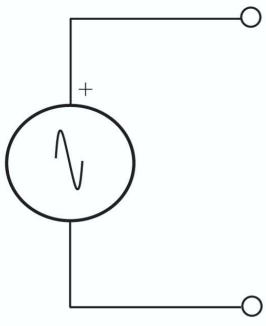


Figura 7 *Il simbolo grafico di un generatore in corrente alternata*

La corrente alternata viene indicata con la siglia c.a. o spesso, in inglese, come "a.c." (alternative current); la corrente continua viene indicata con la sigla "c.c." e spesso negli schemi elettrici si incontra un generatore che si chiama Vcc, che sta a significare che quel morsetto possiede una differenza di potenziale di tipo continuo.

IL RESISTORE

Il flusso di cariche messo in moto da un generatore può fluire tranquillamente attraverso il cir-

Tensione e corrente elettrica

Ci si riferisce alla tensione elettrica sempre "tra due punti" di un circuito e alla corrente elettrica "attraverso" un ramo o un componente. Quando si dice "la tensione di questo punto" significa implicitamente che la tensione di quel punto "è riferita" ad un punto detto "massa" o "terra" assunto con potenziale nullo.

cuito, oppure può incontrare una certa *"resistenza"*. Il componente capace di realizzare questo effetto *"frenante"* sulle cariche elettriche prende il nome di *resistore.*
Se pensate ad una strozzatura in un tubo (figura b) contenente dell'acqua in movimento, il paragone è calzante ed il resistore ha lo stesso effetto sulle cariche di quello che la strozzatura ha sull'acqua. La capacità che ha il resistore di frenare le cariche viene quantificata da un parametro che prende il nome di *"resistenza elettrica del resistore",* che si indica con la lettera R.
Il valore di questo parametro si misura in OHM (il simbolo è la "omega" greca Ω), dal nome di colui che studiò questi fenomeni, *George Simon Ohm* (Erlangen 1789 - Monaco 1854). La tensione iniziale con cui il generatore ha messo in movimento le cariche cade di un certo valore attraversando il resistore. Si dice infatti che attraverso il resistore si ha una *"caduta di tensione"* indicata con la lettera V e che si può calcolare con la *legge di Ohm.*
La caduta di tensione V che si verifica ai capi di un resistore di resistenza R, percorso da una corrente elettrica I, è pari al prodotto del valore di resistenza R per il valore dell'intensità di corrente I che lo attraversa. Volete una formula? Eccola:

$$V = R \times I$$

Tale relazione è nota nel mondo col nome di *legge di Ohm.* La legge enunciata da George Simon Ohm fu pubblicata nel 1826.

Inversamente, si dice che un conduttore presenta una resistenza di 1 ohm quando viene percorso da una corrente di 1 ampere avendo ai suoi capi una d.d.p. di 1 volt.

POTENZA DISSIPATA

Il passaggio di corrente elettrica attraverso un conduttore ne provoca il *riscaldamento.* L'effetto del moto delle cariche è quello di generare *calore* e, all'occorrenza, *luce.*
Una stufa elettrica sfrutta questo fenomeno, come anche un saldatore o un ferro da stiro; una lampadina ad incandescenza è costruita in modo tale da generare luce. La grandezza fisica che considera questo tipo di effetto è la *potenza elettrica* che viene *dissipata* (cioè ceduta all'ambiente sotto forma di calore) dal componente. L'unità di misura della potenza è il Watt (simbolo "W"), in onore dello scozzese James Watt (1736-1819) che compì numerosi studi in questo ambito.
Esiste una formula molto semplice per calcolare la potenza elettrica dissipata da un resistore.
Se la corrente che attraversa il resistore ha valore I, la potenza dissipata vale:

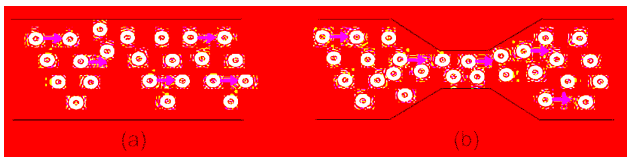


Figura 8 *Analogia del fenomeno resistivo elettrico con particelle di acqua in movimento in un tubo*

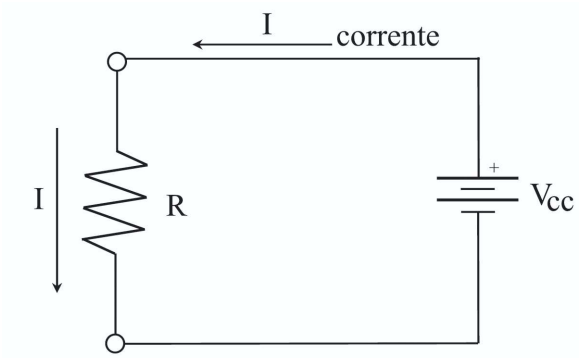


Figura 9 *Caduta di tensione ai capi di un resistore*

$$P = R \times I^2$$

Vediamo un esempio. Un resistore avente resistenza R=470 Ω ed attraversato da una corrente I=0.05 A dissipa una potenza elettrica pari a $P = R \times I^2 = 470 \times 0.05^2 = 1.175$ W.

L'energia che si sprigiona all'interno del componente sotto forma di calore deve essere dissipata, cioè dispersa verso l'ambiente esterno. Il componente deve cioè "raffreddarsi". Se esso non è capace di disperdere verso l'esterno tutta l'energia che si forma al suo interno, esso potrebbe fondere e quindi cessare di funzionare. La potenza dissipabile diventa quindi un parametro importante quando si dimensiona il valore di un resistore all'interno di un circuito e dipende dalla corrente massima che attraverserà quel resistore nella peggiore condizione di lavoro. Se andiamo a comprare un resistore chiedendo semplicemente "un resistore da 100 ohm" ci sentiremo senz'altro rispondere *"quanta potenza deve dissipare?"*.
Per facilitare lo smaltimento del calore i componenti vengono dotati di involucri realizzati con materiali che siano eccellenti dispersori di calore, tipo ceramica e alluminio. Il contenitore viene anche sagomato opportunamente per rendere massima tale dispersione. Se ci pensate un momento, fate caso alle condizioni in cui lavora il microprocessore del vostro computer. Se lo osservate, possiede un supporto di alluminio nero su cui è stata posta una ventolina per raffreddarlo. Bene, adesso sapete il perché.

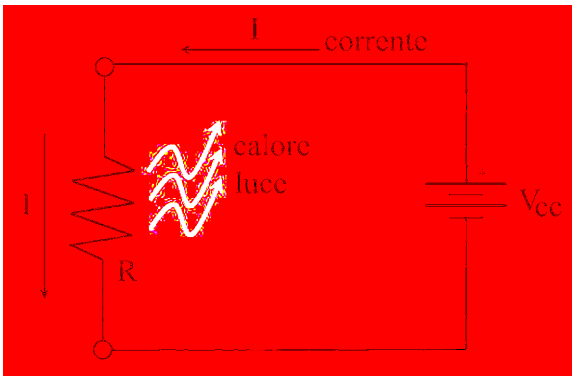


Figura 10 *Una generica resistenza, attraversata da corrente, dissipa energia sotto forma di luce e calore*

VALORI RESISTIVI

In commercio sono disponibili resistori che possiedono valori resistivi di ogni ordine di grandezza, da pochi milliohm (mΩ) a qualche milione di ohm (megaohm, MΩ). Non è possibile reperire qualunque valore resitivo, ma solo

Figura 11 *Un resistore di alta potenza con involucro esterno in alluminio*

Potenza ed energia

I concetti di energia e potenza sono spesso confusi nel comune modo di parlare, sebbene in fisica siano due grandezze ben distinte tra loro. La grandezza di origine tra le due è "l'energia", rigorosamente definita in fisica come "l'attitudine di un corpo a produrre lavoro". Se pensiamo a quanto detto prima per i generatori, l'energia che essi cedono alle cariche elettriche permette a queste di attraversare il circuito elettrico e quindi, in qualche modo, di compiere lavoro. La potenza rappresenta l'energia dissipata (nel nostro caso) da un corpo nell'unità di tempo. Se un corpo cede un'energia di 1 joule (1 J) in un tempo pari ad 1 secondo (1 s), allora la potenza dissipata vale 1 watt (1 W).
Il contratto domestico che firmiamo con l'ENEL, affinché esso ci eroghi energia elettrica, ha un limite di potenza fissato a 3 kW, cioè 3000 W. Questo significa che la potenza che possiamo assorbire dalla rete elettrica non può superare questo valore.

determinati valori multipli dei seguenti:
1.0 – 1.2 – 1.5 – 1.8 – 2.2 – 2.7 – 3.3 – 3.9 – 4.7 – 5.6 – 6.8 – 8.2.
Comunemente si utilizzano i multipli dell'unità di misura ohm, in quanto essa rappresenta un valore resistivo molto piccolo. Ecco alcuni esempi:

$$1\ k\Omega = 1000\ \Omega$$
$$10\ k\Omega = 10000\ \Omega$$

Tali valori sono codificati sul componenti mediante delle strisce colorate.
Ecco come leggere il codice; il componente va letto posizionando la riga dorata o argentata (la quarta fascia) verso vestra, dopodiché:

- Il colore della prima riga rappresenta la prima cifra del valore.
- Il colore della seconda cifra esprime la secon-

Materiali utilizzati

La resistenza elettrica R dipende dal materiale di cui è fatto il conduttore, dalla sua geometria e dalle sue dimensioni. Un conduttore che possiede una certa resistenza elettrica R viene indicato con il simbolo del resistore.I resistori sono in generale costituiti da un elemento resistivo racchiuso in un rivestimento di protezione e da due terminali. L'elemento resistivo può essere a sua volta realizzato in maniere differenti: a composizione, a film o a filo. Si comprende bene che nel primo caso il materiale che realizza praticamente l'effetto di "resistenza elettrica" è un impasto, nel secondo è una sottile pellicola di materiale conduttore (film) e nel terzo è un filo metallico (si utilizzano leghe metalliche) avvolto su un supporto isolante.
I materiali più utilizzati per produrre resistori commerciali del primo tipo sono delle resine fenoliche e ceramiche, oppure degli agglomerati a base di carbone; per il terzo tipo, in passato, venivano utilizzate delle leghe metalliche, tipo il Nichrome (lega di Nichel-Cromo usata per gli elementi di riscaldamento), la Costantana (Rame 60% - Nichel 40%) e la Manganina (Rame 80% - Manganese 12% - Nichel 4%). Se possedete una piccola stufa elettrica (quelle ad aria), l'elemento riscaldatore è probabilmente realizzato con uno di questi materiali.
I resistori a composizione sono utilizzati per basse potenze dissipabili (da 0.25 W a 7W), mentre per potenze medio-alte vengono utilizzati resistori a filo. Questi ultimi, proprio per l'elevata potenza che devono dissipare, vengono realizzati in un involucro di ceramica bianca con sopra impresso il valore resistivo.

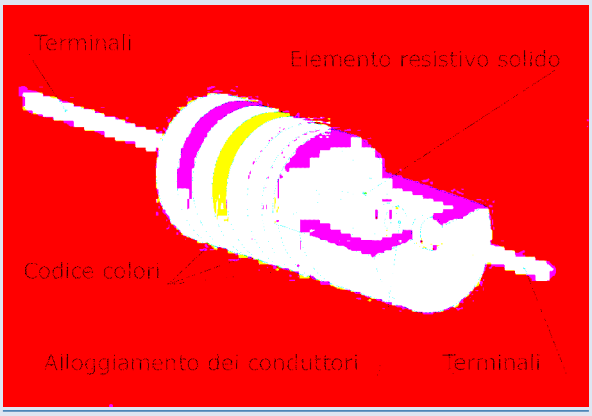


Figura 12a *Esempio di resistore a composizione*

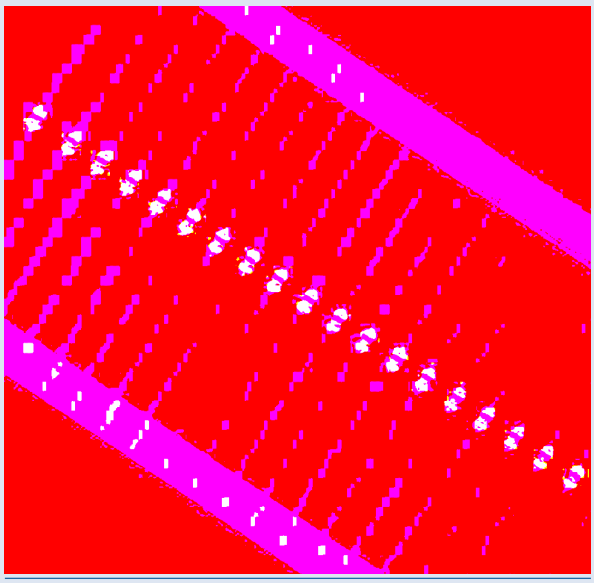


Figura 12b *Resistori a film metallico*

La tolleranza

Quando si producono dei resistori, come del resto quando si produce un qualunque componente (sia esso meccanico od elettronico), è realmente impossibile ottenere tutti i resistori ciascuno identico all'altro. Si ottiene cioè quella che si chiama "dispersione" del processo produttivo. Supponiamo di dover produrre dieci resistori di valore pari a cento ohm (il valore desiderato si chiama *"valore nominale"*). I dieci resistori prodotti non avranno tutti valore resistivo pari a cento ohm, ma (ad esempio) cinque avranno valore 100 ohm, tre avranno valore 98 ohm e due avranno valore 101 ohm. Ecco che è importante dichiarare la *tolleranza* con cui viene prodotto quel tipo di resistore. Il valore della tolleranza è espresso dall'ultima riga colorata presente sul componente.

da cifra del valore.

- La terza riga indica il "moltiplicatore", cioè il numero di zeri da applicare alle prime due cifre.

Vediamo un esempio:

Dopo aver posizionato la riga dorata a destra si legge:

- prima riga verde che corrisponde al 5
- seconda riga nera, che corrisponde al numero 0
- terza riga marrone che corrisponde al numero 1

(quindi dobbiamo porre un solo zero)

Quindi:

$$5 - 0 - 0 = 500\ \Omega$$

La riga d'oro ci dice che il resistore è realizzato con una tolleranza del 5%, quindi il suo valore reale può oscillare tra 475 Ω e 525 Ω, essendo prevista una tolleranza di 25 Ω.

Attenzione: nel caso in cui la quarta fascia sia deteriorata o cancellata, il valore del resistore deve sempre rispettare la serie dei valori detta in precedenza.

Vediamo un altro esempio:

Colore	1° ANELLO	2° ANELLO	3° ANELLO	4° ANELLO
Nero	.	0	X 1	-
Marrone	1	1	x 10	-
Rosso	2	2	x 100	-
Arancione	3	3	x 1.000	-
Giallo	4	4	x 10.000	-
Verde	5	5	x 100.000	-
Azzurro	6	6	x 1.000.000	-
Viola	7	7	x 10.000.000	-
Grigio	8	8	-	-
Bianco	9	9	-	5%
Oro	-	-	: 10	10%
Argento	-	-	: 100	20%

La prima fascia è gialla, quindi il valore corrispondente è 4, la seconda fascia è rossa, quindi il valore è 2, la terza fascia è ancora rossa, quindi i primi due numeri sono seguiti da due zeri, cioè vanno moltiplicati per 100.
Il valore del resistore è 4-2-0-0 = 4200 Ω, con una tolleranza del 10% indicata dall'ultima fascia argentata.
Quindi, in definitiva, un resistore è descritto da tre parametri: il valore resistivo nominale, la tolleranza e la potenza dissipabile massima. Ad esempio: R=100 Ω, 10%, 0.5 W.

Per i resistori a filo il valore resistivo è stampato sull'involucro di ceramica bianca. Quindi se si legge "10" il valore resistivo è 10 Ω, e così via. Sull'involucro, davanti al valore resistivo, è anche riportato il valore della massima potenza dissipabile. Se davanti al valore numerico della resistenza compare una "R" questa va sostuitita con uno "0", mentre se essa si trova tra due numeri allora assume il ruolo di una virgola.
Quindi se si legge R01, il valore è 0.01 Ω, mentre se si legge 1R2 il valore è 1.2 Ω.
Avrete visto un esempio di simili resistori nel progetto del Caricabatterie Ni-Cd/MH presentato da Marco Lento nel numero di Novembre della rivista.

SIMBOLI GRAFICI

I simboli grafici più utilizzati per i resistori sono due, riportati in figura 14. Il simbolo di sinistra è formato da un dente di sega a tre punte, con a fianco apposta la sigla del componente senza il suo valore; il simbolo di destra è formato da un rettangolo di dimensioni 3 mm x 8 mm e possiede la comodità di poter ospitare il valore resistivo al suo interno. Attualmente il simbolo più usato è il primo.

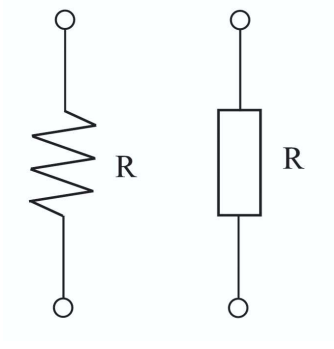


Figura 14 *Simboli grafici per i resistori*

COLLEGAMENTO DI RESISTORI

Come abbiamo detto, non esiste un resistore per ogni valore resistivo, quindi potrebbe essere necessario ricavare un certo valore ohmico in modo artificiale. Questo può essere fatto collegando tra loro due o più resistori.
Vediamo come. I resistori, come altri componenti di cui ci occuperemo, possono essere collegati tra loro in due modalità principali che si chiamano *"in serie"* e *"in parallelo"*. Due resistori sono collegati in serie quando sono attraver-

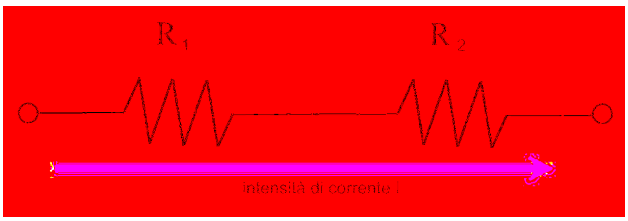


Figura 15 *Due resistori in serie sono attraversati dalla stessa intensità di corrente*

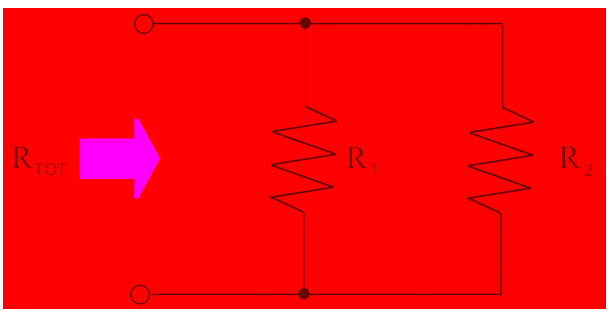


Figura 16 *Due resistori in parallelo possiedono la stessa differenza di potenziale ai loro morsetti*

Due esempi di resistori a filo

Figura 13a *Un resistore a filo da 1.2 Ω*

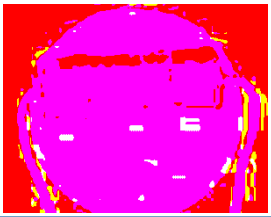


Figura 13b *Un resistore a filo da 5.1 Ω con tolleranza del 5%*

sati dalla stessa intensità di corrente.
Il valore totale R_{TOT}, equivalente alla serie di due resistori, è semplicemente la somma dei due valori:

$$R_{TOT} = R_1 + R_2$$

Ecco un esempio:

dato un resistore $R_1 = 47\ \Omega$ ed uno $R_2 = 22\ \Omega$, la serie dei due è equivalente ad un resistore $R_{TOT} = 47 + 22 = 69\ \Omega$.

Quindi, se vogliamo ottenere una resistenza da 2.4 ohm, che non esiste in commercio, possiamo collegare in serie due resistori da 1.2 ohm.

Due resistori sono collegati in parallelo quando possiedono la stessa tensione elettrica ai propri capi. Il valore resistivo R_{TOT}, equivalente del parallelo di due resistori, si calcola con una semplice formula:

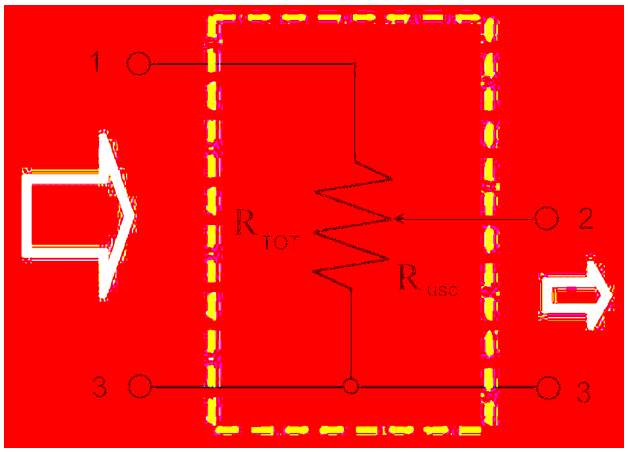


Figura 17 *Schema circuitale di un potenziometro. La potenza di uscita è una frazione della potenza di ingresso*

Figura 18 *Un potenziometro di tipo commerciale*

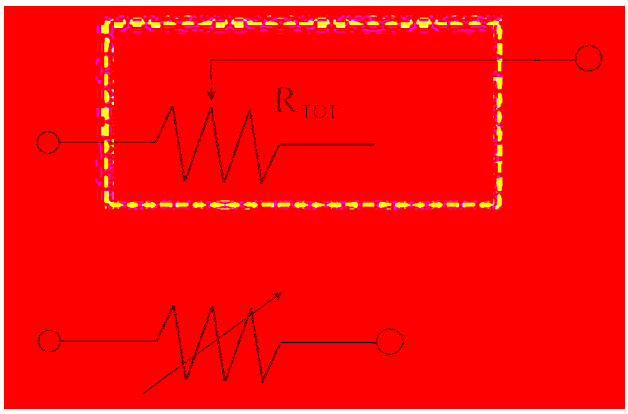


Figura 19 *Simboli elettrici di un resistore variabile. La resistenza tra i due morsetti può variare tra 0 ed R_{TOT}*

Il componente più presente nei circuiti elettrici

Il resistore è senza dubbio il componente più utilizzato nei circuiti elettronici, data anche l'enorme vastità di ruoli che può ricoprire. È utilizzato nelle reti di polarizzazione, come elemento di retroazione, nei partitori di tensione e di corrente, per scaricare i condensatori dopo che l'alimentazione è stata rimossa. È usato per ottenere valori di corrente nei circuiti di precisione, per ottenere accurati valori di partizione di tensione. Insieme ai condensatori diventa un filtro e nei circuiti logici è indispensabile per garantire opportuni livelli di tensione.

con il patrocinio di
Ministero delle Comunicazioni
Comune di Faenza

mostra mercato

Expo Elettronica

FAENZA 5-6 marzo 2005

FAENZA FIERE - Viale Risorgimento, 1

ore 9/18

elettronica
hardware
subfornitura
materiali di consumo
radiantismo
ricezione satellitare
telefonia
componenti
accessori
surplus
hobbistica
videogiochi
radio d'epoca
materiale fotografico

RADIO EXPO

Solo Sabato 5 marzo

MERCATINO della RADIOCOMUNICAZIONI
Apparecchi per radioamatori, radio d'epoca, ricetrasmettitori, radio militari
Lambda, Valvole, Accessori, Ricambi, Manuali

Partner a gonfiabili
DigitalSat

Per ottenere un INGRESSO RIDOTTO sca ica il biglietto dal sito www.blunautilus.it
o presenta questa inserzione alla cassa

$$R_{TOT} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

e sarà sempre più piccolo del minore dei due valori. Vediamo un esempio, utilizzando i valori dei due resistori precedenti:

$$R_{TOT} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{47 \times 22}{47 + 22} = \frac{1034}{69} = 14.98\Omega$$

valore – ovviamente - inferiore al più piccolo dei due. Se fosse necessario disporre di una resistenza da 1100 ohm, cioè 1.1 kohm, potremmo collegare in parallelo due resistenze da 2200 ohm. Il parallelo di due resistori uguali è infatti equivalente ad un resistore avente la metà del valore resistivo. Provare per credere!

ALTRI TIPI DI RESISTORI

Oltre ai tipi descritti in precedenza, esistono altre tipologie di resistori.
Sono disponibili in commercio dei resistori variabili, dei quali è possibile variare il valore resistivo entro un certo intervallo tramite una manopola, un cursore a slitta, o una piccola vite.
Resistori variabili utilizzati per poter variare la potenza erogata verso un circuito prendono il nome di *potenziometri;* essi hanno tre terminali: uno è comune, uno assorbe la potenza dal circuito di ingresso e l'altro eroga potenza al circuito di uscita. La potenza di uscita può essere minore o al limite uguale di quella di ingresso.
Un potenziometro è posto in corrispondenza della manopola che serve per regolare il volume del vostro amplificatore dell'impianto stereo, ed altri potenziometri servono per regolare le intensità dei toni bassi, medi ed alti.

Resistori utilizzati per poterne variare il valore resistivo in serie ad un circuito, prendono il nome di *trimmer.* Essi possiedono una piccola vite, ruotando la quale si può modificare il valore resistivo.
Esistono anche resistori capaci di variare il loro valore in corrispondenza del verificarsi di un certo fenomeno, come ad esempio l'illuminazione. Le *fotoresistenze* variano il loro valore resistivo a seconda della natura e dell'intensità della luce che le colpisce.
In genere esse presentano un elevato valore resistivo (circa 1 MΩ = 1000 kΩ = 1000000 Ω) in assenza di luce, mentre tale valore scende fino a poche decine di ohm se il dispositivo è colpito da una forte luce.
Le fotoresistenze sono molto usate per realizzare automatismi, tipo ascensori e porte automatiche.

CONDENSATORI

Un sistema di due conduttori affacciati, detti *armature,* carichi con cariche elettriche di valore uguale e di segno opposto e tali da subire la stessa influenza elettrostatica da parte degli altri corpi conduttori che si trovano nelle vicinanze, viene chiamato *condensatore*.
Il condensatore è un componente capace di accumulare cariche elettriche sulle sue armature

Figura 20 *Funzionamento semplificato di un condensatore*

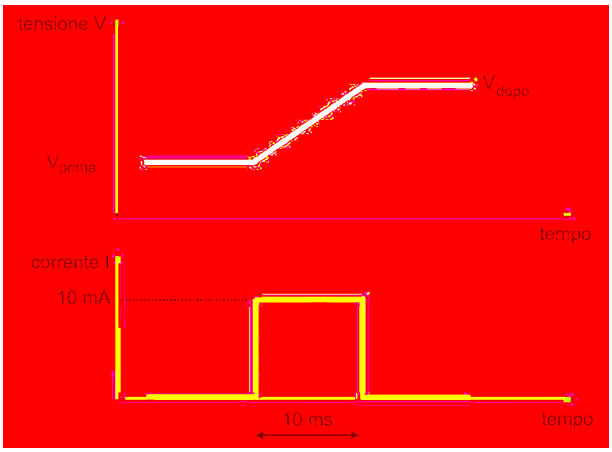


Figura 21 *esempio di relazione tensione-corrente per un condensatore*

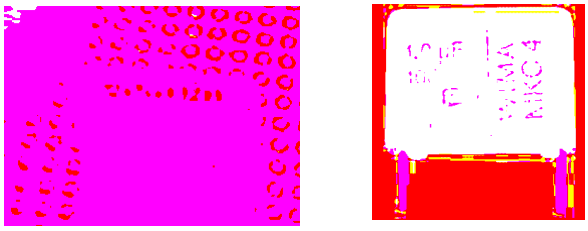


Figure 22 *Due condensatori in policarbonato, sui quali è chiaramente visibile il valore capacitivo*

e la differenza di potenziale V che si stabilisce tra di esse è proporzionale alla quantità di carica Q accumulata secondo la relazione

$$Q = C\,V$$

dove la costante C prende il nome di capacità del *condensatore.* La capacità del condensatore dipende dalla forma (piana o cilindrica), dalla disposizione relativa delle due armature e dal materiale *dielettrico* che si trova interposto tra di esse. Materiali comunemente usati come dielettrici sono la carta, la plastica, la mica, il polistirolo, materiali ceramici, ossido di tantalio oppure aria.
Se colleghiamo il polo positivo di una batteria ad una delle due armature, delle cariche positive saranno inviate dalla batteria sulla superficie dell'armatura. Gli elettroni che si trovano sulla seconda armatura saranno attratti verso l'armatura positiva. Questo perché, in elettrostatica, cariche di segno opposto si attraggono e cariche di segno concorde si respingono.
Poiché le due armature sono isolate tra loro, i due gruppi di cariche non possono raggiungersi rimanendo così sulla superficie dei due conduttori. Se adesso scolleghiamo il generatore, le cariche positive rimarranno accumulate sull'armatura positiva e quelle negative resteranno sulla seconda.
La capacità si chiama così per la sua attitudine a "contenere" o ad "accumulare" cariche elettriche sulle sue armature. Quando le cariche si accumulano sulle armature, tra queste due nasce una differenza di potenziale che aumenta col crescere della quantità di carica accumulata. Il rapporto tra la quantità di carica Q accumulata sulle armature e la tensione elettrica V che si stabilisce tra queste è una costante, e prende appunto il

Figura 23 *Alcuni condensatori in poliestere. A sinistra, un condensatore da 4700 pF con V_{max}=100V; al centro, un condensatore di capacità 10nF, V_{max}=100V e tolleranza inferiore al 10%; a destra un condensatore da 0.047 µF e Vmax=63V con tolleranza 5% indicata sul retro.*

nome di capacità del condensatore. In formula:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Se esprimiamo la carica elettrica in COULOMB e la differenza di potenziale in VOLT, la capacità si esprime in FARAD [F], in onore del fisico e chimico inglese *Michael Faraday* (1791-1867) che compì numerosi studi di elettricità e magnetismo.
In altre parole, se poniamo una carica elettrica di 1 COULOMB [1 C] su un'armatura di un condensatore e verifichiamo che tra le due armature si stabilisce una differenza di potenziale pari ad 1 VOLT, questo significa che il condensatore con cui abbiamo a che fare possiede la capacità di 1 FARAD [1 F].
L'unità di misura della capacità, cioè 1 farad, rappresenta un valore enorme per gli usi comuni in elettronica, senza contare che un condensatore di capacità 1 farad potrebbe anche possedere dimensioni geometriche non troppo maneggevoli.
Si utilizzano molto i sottomultipli del farad, e cioè:

- **1 millifarad** = un millesimo di farad = 0.001 F = 1 mF.
- **1 microfarad** = un milionesimo di farad = un millesimo di millifarad = 0.001 mF = 1 µF (abbiamo parlato del "micro" nella prima puntata).
- **1 nanofarad** = un miliardesimo di farad = un millesimo di microfarad = 0.001 µF = 1 nF.
- **1 picofarad** = un milionesimo di microfarad = un miliardesimo di millifarad = 1 pF.

Vediamo un esempio:

- Una capacità C= 470 pF espressa in nanofarad diventa: 470 pF = 470 / 1000 nF = 0.47 nF
- Una capacità C = 68 nF = 68 / 1000 = 0.068 µF
- Una capacità C= 0.47 mF espressa in microfarad diventa C= 0.47 * 1000 = 470 µF.

Valori capacitivi disponibili

In commercio non è possibile reperire qualsiasi valore capacitivo, ma prevalentemente i valori disponibili sono multipli della seguente serie:
1.0 – 1.2 – 1.5 – 1.8 – 2.2 – 2.7 – 3.3 – 3.9 – 4.7 – 5.6 – 6.8 – 8.2
a partire da picofarad.
Quindi non andate a cercare condensatori da 280 pF, tanto per capirsi!

Caratteristica Tensione-Corrente

La formula che lega la corrente I che attraversa il condensatore alla tensione elettrica V che si stabilisce ai suoi morsetti non è così semplice come quella del resistori, poiché coinvolge un'operazione matematica che si chiama *"derivazione"*. Per il momento, accettate la "derivazione" come il rapporto tra *la variazione di una grandezza* ed un intervallo di tempo. La caratteristica elettrica del condensatore è la seguente:

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

dove si vede che la corrente I non è proporzionale alla tensione V, ma alla sua variazione nel tempo *dV/dt*. Il termine dV/dt indica la rapidità di variazione della grandezza V al passare del tempo t. Vediamo se un esempio numerico ci aiuta a capire meglio.
Se si fornisce ad un condensatore da 1 µF una corrente di intensità 1 mA, la tensione fra le sue armature crescerà di 1000 V ogni secondo.

Questo si ricava con un semplice conto:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{I}{C} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 1000 \text{ V/s}$$

quindi per un tempo dt=10 ms, cioè 0.01 s, si ottiene dV = 1000 x 0.01 = 10 V. Quindi la tensione ai capi del condensatore, dopo un impulso di corrente della durata di 10 ms, è superiore di 10 V rispetto alla tensione presente prima dell'impulso.

Potenza

Un'altra osservazione importante da fare è che, a differenza dei resistori, i condensatori non dissipano potenza sotto forma di calore. L'energia fornita loro dai generatori viene di continuo immagazzinata al loro interno in forma elettrica e ceduta al circuito esterno, sempre in forma elettrica.

Codice dei valori capacitivi

Il modo di riportare il valore capacitivo sul condensatore non è così immediato da comprendere, e la cosa si complica ancora di più se si considera che il codice utilizzato è differente per i mercati europeo, americano ed asiatico. Tuttavia al giorno d'oggi la tendenza è verso l'uniformità delle scritture e nella maggior parte dei casi anche l'unità di misura è riportata sull'involucro

Figura 24 *Alcuni condensatori elettrolitici*

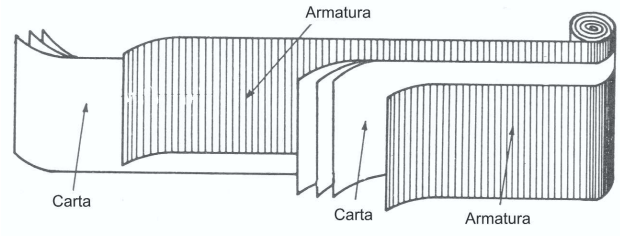


Figura 25 *Struttura interna di un condensatore a carta*

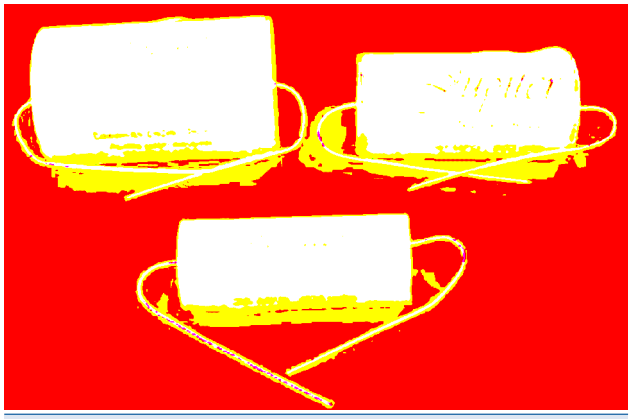


Figura 26 *Alcuni condensatori a carta*

del componente.

Codice americano

I valori compresi tra 1 pF ed 8.2 pF sono rappresentati sostituendo un punto alla virgola; tra 10 pF ed 820 pF il valore è scritto senza l'unità di misura; per valori superiori si utilizza l'unità di misura microfarad e lo "0" che precede la virgola viene omesso. Esempi:

- Se si legge .0027 significa 0.0027 µF ovvero 2700 pF.
- Se si legge .56 significa 0.56 µF ovvero 560000 pF.

Codice europeo

Per i valori tra 1 pF ed 8.2 pF la virgola viene sostituita con la lettera "p". Quindi 4p7 significa 4.7 pF. Per valori compresi tra 10 pF ed 82 pF non viene stampata la sigla "pF", mentre tra 100 pF ed 820 pF i valori vengono espressi in "nanofarad" anteponendo al valore la lettera "n". Quindi "n47" vuol dire 0.47 nF, cioè 470 pF.
Quando i valori crescono, tra 1000 pF ed 8200 pF la lettera "n" dopo un numero equivale alla virgola, quindi 3n9 significa 3.9 nF, cioè 3900 pF. Valori superiori vengono indicati con scritture del tipo "47n", che significa 47 nF, cioè 47000 pF.

Codice asiatico

A complicare ulteriormente il panorama delle possibilità di scrittura del valore capacitivo su un condensatore, interviene il codice adottato dai costruttori asiatici. Valori piccoli, tra 1 pF ed 82 pF, vengono scritti senza aggiungere l'unità di misura; tra 100 pF ed 820 pF l'ultimo "0" è sostituito da un "1" per indicare di aggiungere un solo zero dopo i primi due numeri.
Quindi "471" significa "47" da far seguire da "1" zero, quindi 47 + 0 = 470 pF.
La stessa tecnica viene adottata per i valori superiori, quindi "152" significa "15" da far seguire da "2" zeri, cioè 1500 pF.

Oltre al valore capacitivo, possono essere stampate sul contenitore le lettere M, K e J. Esse non indicano quindi, come si è soliti credere, l'unità di misura ma vanno interpretate nel modo che segue.
La lettera M indica una tolleranza inferiore al 20%, la K un valore di tolleranza inferiore al 10% e la J indica che questa è inferiore al 5%.Queste sono poi seguite da un numero che indica la tensione elettrica massima sopportabile dal componente. Esempi:

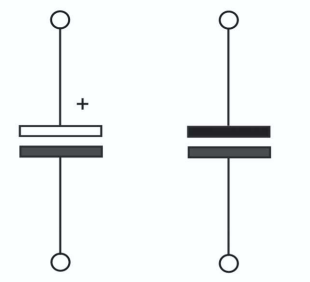


Figura 27 *Simboli grafici per i condensatori*

- 2n7 K 200 significa che la capacità è 2.7 nF = 2700 pF. La lettera K significa che la tolleranza del valore capacitivo è inferiore al 10% mentre il numero "200" indica che la massima tensione di lavoro è pari a 200 V.
- 104 M 400 siginifica che il valore capacitivo è 100000 pF = 100 nF. M vuol dire che la tolleranza è inferiore al 20%, 400 indica che la massima tensione di lavoro è 400 V.

Condensatori elettrolitici

Sebbene, in generale, il condensatore sia un componente privo di polarità (cioè i due terminali sono perfettamente simmetrici e quindi interscambiabili), esiste una importante categoria per cui questo discorso non vale.
I condensatori elettrolitici possiedono infatti un morsetto contrassegnato dal simbolo "+" che deve essere collegato ad una tensione positiva per garantirne il loro corretto funzionamento.
Questi dispositivi sono caratterizzati dal poter raggiungere elevati valori capacitivi (fino a 10000 microfarad), grazie all'isolante poroso imbevuto di liquido elettrolitico che ne costituisce il dielettrico, mantenendo un ingombro estremamente ridotto.
Inserendo il condensatore nel circuito con la polarità invertita, esso può danneggiarsi anche in maniera irreversibile. Sull'involucro del componente è riportato esplicitamente il valore capacitivo (senza l'uso di alcun codice) e la massima tensione di lavoro.

Sono particolarmente utilizzati per filtraggi in bassa frequenza (livellamento della tensione negli alimentatori: il primo condensatore C1 nel circuito riportato nell'introduzione è appunto elettrolitico!), lunghe temporizzazioni, accoppiamento e disaccoppiamento.

Condensatori a carta

I condensatori a carta sono realizzati arrotolando le armature, costituite da sottili fogli metallici, avendo interposto degli strati di carta di spessore molto fine.

Simboli grafici

I simboli grafici utilizzati per i condensatori sono quelli riportati in figura 27. Si noti il simbolo di sinistra, per il condensatore elettrolitico, che possiede l'armatura positiva non riempita e l'indicazione della polarità.

Condensatori in serie

Collegando due (o più, in generale) condensatori in serie, il valore che ne risulta è inferiore al più piccolo.
Il collegamento serie permette di applicare ai morsetti una tensione di lavoro pari alla somma delle tensioni massime dei due condensatori.
Per esempio, se si collegano in serie due condensatori:

- 56 nF con tensione di lavoro massima 100 V
- 82 nF con tensione di lavoro massima 100 V

si ottiene un condensatore equivalente con capacità 3.33 nF e tensione di lavoro massima 200 V.

$$C_{TOT} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Condensatori in parallelo

Collegando due (o più, in generale) condensatori in parallelo, la capacità che ne risulta è la somma delle singole capacità. Il valore della tensione massima applicabile in questo caso non cambia, e corrisponde al valore più piccolo di tensione massima applicabile.

$$C_{TOT} = C_1 + C_2$$

Altri tipi di condensatori

Senza entrare nel dettaglio dell'argomento, è possibile dimostrare che, in generale, la capacità di un condensatore è direttamente proporzionale alla superficie delle due armature ed inversamente proporzionale alla loro distanza.
Questo ci fa capire bene che è possibile variare il valore della capacità C di un condensatore semplicemente variando la porzione delle due armature rispettivamente affacciata.

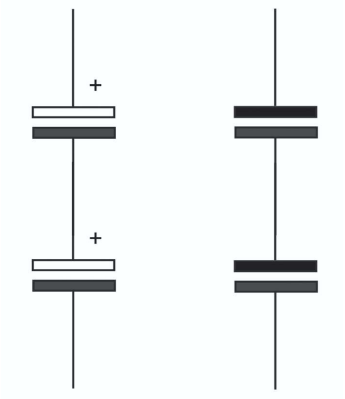


Figura 28 *Due condensatori in serie; si noti il collegamento nel caso in cui le due capacità siano elettrolitiche*

Questo si può fare comodamente in condensatori ad armature semi-circolari, facendone ruotare una e mantenendo fissa l'altra, mediante una manopola.
Condensatori di questo tipo sono molto utili nei circuiti di sintonia radio, per poter variare l'accordo dei circuiti risonanti del ricevitore, o nei circuiti oscillatori, nei Q-metri, eccetera.
Attualmente, i condensatori variabili sono sempre più spesso sostituiti da dispositivi allo stato solido.

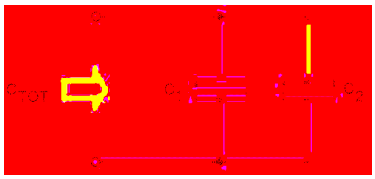


Figura 29 *Due condensatori in parallelo*

INDUTTORI

Se avete capito come funzionano i condensatori, sarà molto più semplice comprendere il funzionamento degli induttori. Diciamo che il loro funzionamento è "duale" come si dice propriamente nella teoria dei controlli automatici.
Un circuito percorso da corrente genera nello spazio circostante un campo magnetico le cui linee di forza sono concatenate con il circuito stesso.
Dalla legge di Faraday-Neumann segue che ogni volta che varia l'intensità della corrente nel circuito, nasce una forza elettromotrice indotta nel circuito stesso. Il fenomeno prende il nome

di *autoinduzione.*

$$V = L \frac{dI}{dt}$$

Si noti la forte analogia esistente tra la relazione del condensatore e quella dell'induttore

$$V = L \frac{dI}{dt} \qquad I = C \frac{dV}{dt}$$

La rapidità di variazione della tensione tra le armature di un condensatore dipende dalla corrente che lo attraversa, mentre la velocità di variazione della corrente attraverso un induttore dipende dalla tensione ai suoi capi.
Dalle leggi dell'elettromagnetismo è noto che un conduttore elettrico percorso da corrente genera un campo magnetico nello spazio che lo circonda; il flusso Φ (è una "F" greca e si legge "fi") di tale campo magnetico "si concatena" col circuito stesso se-condo un coefficiente L che prende il nome di *"coefficiente di autoinduzione",* o più semplicemente, induttanza:

$$\Phi = \mathbf{LI}$$

ai capi del conduttore percorso dalla corrente I nasce una tensione elettrica V che dipende dalla variazione che la corrente subisce nel tempo, secondo il coefficiente L:

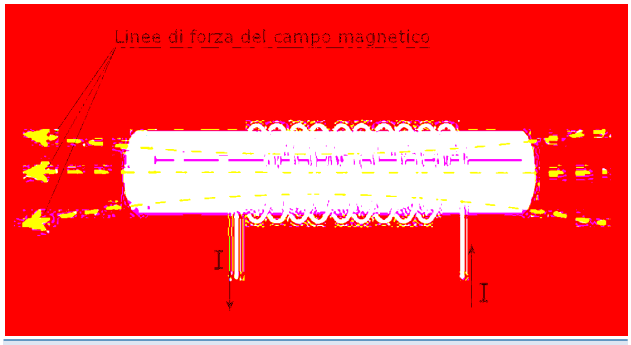


Figura 30 *Un induttore e le linee di forza del campo magnetico*

$$V = L \frac{dI}{dt}$$

Con giustificazioni di carattere energetico, si può dimostrare che questa relazione implica che la corrente I che attraversa il circuito non può subire brusche variazioni e queste variazioni sono tanto più blande quanto maggiore è la sua induttanza.
L'induttanza rappresenta dunque l'attitudine di un circuito ad opporsi ad una variazione dell'intensità di corrente che lo attraversa.

Si comprende bene adesso che un componente che sia dotato di tale attitudine possa essere molto utile per realizzare filtri, circuiti antidisturbo e limitatori di corrente. Ma le sue applicazioni sono ancora più vaste.
Pensate infatti che la tastiera di una chitarra elettrica basa il suo funzionamento, con piccole

Utilizzo dei condensatori

I condensatori sono largamenti usati nei circuiti elettronici, per gli scopi più disparati. Sono usati nella generazione di forme d'onda, nel filtraggio di disturbi, nella realizzazione di "bypass". In combinazione con gli induttori servono per realizzare filtri molto precisi per l'eliminazione di segnali indesiderati.
Un *defibrillatore* è uno strumento in cui il condensatore è di fondamentale importanza; il condensatore utilizzato in tale strumento può immagazzinare al suo interno un'energia di 360 J. Questa energia viene fornita al paziente in un tempo di 2 ms, cioè erogando circa 3000 volte la potenza di emissione di una lampadina da 60 W! Questa brusca scossa elettrica blocca la fibrillazione, cioè la contrazione casuale del cuore che spesso accompagna una crisi cardiaca, ed aiuta a ripristinare il corretto ritmo cardiaco. Un altro esempio di scarica improvvisa di un condensatore è il *flash* di una macchina fotografica, che invia l'energia immagazzinata ad una lampadina speciale che illumina il soggetto per un tempo brevissimo.

modifiche concettuali, sul principio dell'induttanza; il grande Jimi Hendrix si divertiva a manomettere e modificare i *microfoni a induzione* della sua Fender Stratocaster, per conferire allo strumento effetti del tutto particolari.
Il valore dell'induttanza si misura in "henry" (il simbolo è H), in onore del fisico *Joseph Henry* (1797-1878), che studiò i fenomeni relativi all'induttanza del campo magnetico, ritenuto il più eminente scienziato americano del XIX secolo.
Valori comuni di induttanze vanno da pochi microhenry (μH) a pochi henry.
Se iniettiamo in un condensatore una corrente costante, la tensione fra le sue armature cresce linearmente nel tempo; se all'induttore applichiamo una tensione costante ai suoi capi, la corrente che lo attraversa crescerà linearmente nel tempo.
Dalla relazione:

$$V = L \frac{dI}{dt}$$

si ricava che la tensione di 1V ai capi di un induttore avente induttanza L=1H provoca una corrente che cresce di 1A al secondo.

A differenza di ciò che avviene in un resistore, l'energia fornita dal generatore all'induttore non viene convertita in calore, ma immagazzinata nel campo magnetico all'interno del componente.
Tale energia viene resistuita quando si interrompe lo scorrere della corrente (se provate ad interrompere bruscamente la corrente attraverso un induttore, esso libera la sua energia scoppiando!).

Induttori di tipo commerciale

L'induttore non è altro che un conduttore elettrico avvolto attorno a un cilindro o attorno a un toro, ed in questo caso può presentarsi proprio come un resistore. Per aumentarne il valore, mantenendone contenute le dimensioni, il conduttore viene avvolto su un nucleo di ferrite, in modo che il flusso concatenato con il circuito sia maggiore. La ferrite conferisce al componente prestazioni migliori in particolari frequenze di funzionamento.

Simboli grafici

L'induttore è dunque formato da un avvolgimento, nel caso più semplice avvolto in aria; a volte è utile specificare nel circuito che l'induttore utilizzato è di tipo particolare, ad esempio con nucleo in ferrite; il simbolo di questo componente è riportato in figura 32.

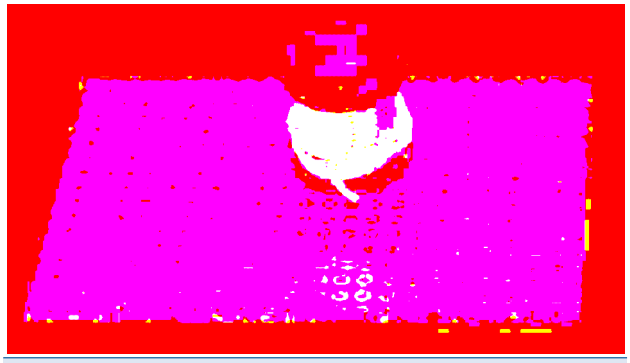


Figura 31 *Un esempio di induttore con nucleo in ferrite*

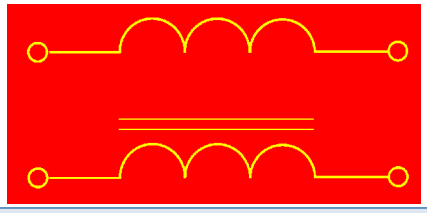


Figura 32 *Simboli grafici per l'induttore; sotto è rappresentato il simbolo da utilizzare per il componente con nucleo in ferrite*

PROSSIMA PUNTATA

Nella prossima puntata risolveremo alcuni semplici circuiti contenenti resistori ed analizzeremo la carica e la scarica di un condensatore in un circuito RC. Studieremo poi i filtri passivi ed impareremo a leggere un *diagramma di Bode,* che consente di analizzare la risposta in frequenza di un qualunque sistema (elettronico, meccanico, elettrico).

1. Semplici circuiti con resistori.
2. Carica e scarica di un condensatore.
3. Cenni ai filtri passivi e relative risposte in frequenza (come leggere un diagramma di Bode).

BIBLIOGRAFIA

1. E. Borchi, R. Nicoletti – "Circuti elettrici lineari", Vol. I, Soc. Ed. Esculapio, Bologna , 1999
2. A. Montanari – "Tecnologie delle costruzioni elettroniche", Edizioni Cupido, 1982
3. P. Horowitz, W. Hill – "The art of electronics", II ed., Cambridge University Press, 1989

www.italelectronics.it

Offerte Speciali

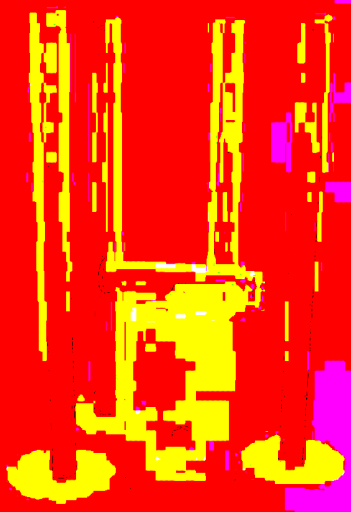
Elettronica

Tutto quello che vi occorre

SMARTMOUSE / PHOENIX

Questa interfaccia permette l'invio dei dati da e verso la smartcard tramite una interfaccia RS232.
Programma le smartcard asincrone e processorcard.
E' settabile ad una frequenza di funzionamento di 3.5MHz o 6 MHz.

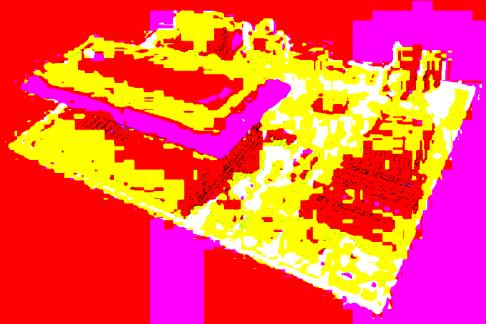
SmartCard Assortite
La sicurezza dei vostri dati ...



ENCORE 2103T
Home Theatre 5.1
Dolby Digital Surround

EMPIRE DiVX001
Super Slim
Lettore DiVX/XiVD/Mp3/Mpeg-4

MultiProg 2001 XLD



Multiprog 2001XLD è una funzionale combinazione di programmatori attivi e passivi in un unico dispositivo.
Generatore di Clock Programmabile.
Logica di commutazione nei PLD.
Display LCD a 16 caratteri e 2 righe retroilluminato per informazioni in testo planare su tutte le linee.
Trimmer per la regolazione e l'ottimizzazione del contrasto del display LCD.
Connettore ISO per programmazione diretta su Card.
Zoccoli per programmazione microcontrollori PIC ed Atmel.
Programmatore ISO con modalità a 3.57 e a 6Mhz con possibilità di inversione di reset.
Modalità PICPROG compatibile Ludipipo per la programmazione dei PIC a bordo di Smart-Card o tramite zoccolo DIL. Modalità I2C/EEPROM per la programmazione delle Eprom a bordo di smart Card o tramite zoccolo DIL.Modalità SPI AVR per la programmazione dei microcontrollori ATMEL su Smart-Card o tramite zoccolo DIL.

Ital Electronics s.r.l.

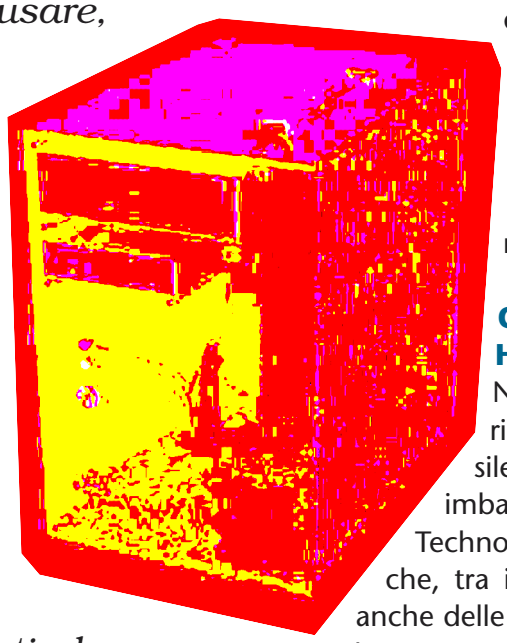
Modellismo - Elettronica - Satellitare

Via A. Palma, 48
96100 - Siracusa (SR)
Tel. 0931 441466 / Fax 0931 38991
P.Iva 01363570894

www.italelectronics.it
www.biosat.it

Silent

Nel campo dell'informatica si lavora da anni per migliorare a ritmo frenetico tutti gli aspetti del computer, rendendolo sempre più veloce, più facile da usare, più divertente, più elegante... sono state fatte moltissime cose, ma quel fastidioso rumore di fondo generato da hard disk, ventole e ventoline permane. Stanco di sentire ronzii, ho cercato di fare quanto possibile per silenziare il mio computer, ed in questo articolo vi presento il risultato.



Il rumore di fondo del computer mi ha infastidito a tal punto che mi sono chiesto se non fosse possibile costruirne uno *davvero* silenzioso. Le colpevoli del rumore sono, ovviamente, le ventole: una, immancabile, sul processore, senza la quale esso fonderebbe, un'altra sull'alimentatore, per raffreddare i finali di potenza ed i diodi raddrizzatori, a volte una anche sulla scheda video e, sempre più frequentemente, anche una sul case per far circolare aria all'interno del computer e raffreddare più efficacemente quanto presente all'interno. Come se non bastasse, a tutto questo si aggiunge l'intermittente lamento dell'hard disk.

In commercio esistono varie soluzioni per rendere meno rumoroso il PC, come ventole a basso numero di giri e con cuscinetti a sfera, alimentatori a doppia ventilazione, kit di raffreddamento a liquido per il processore, ecc. Ognuna di queste cose contribuisce a ridurre leggermente il rumore emesso da computer, ma nessuna è veramente efficace.

COMPUTER HARDWARE

Navigando in Internet alla ricerca di idee e novità per silenziare il PC, non è raro imbattersi nel sito della VIA Technologies (www.via.com.tw) che, tra i vari prodotti, costruisce anche delle mainboard senza ventola sul processore. La EPIA 5000, così si chiama questa scheda, è una delle recenti mainboard formato *mini-itx*: sono schede caratterizzate da ridotte dimensioni (17x17cm) e da una completa serie di periferiche on-board.

Rispetto ai più recenti computer con *Pentium 4*, queste schede offrono meno prestazioni in termini di velocità, ma hanno caratteristiche che le rendono comunque interessanti.

Tali mainboard, per essere "completate", necessitano solo di un banco di memoria RAM: nei loro 17x17cm integrano scheda video, scheda audio, scheda di rete, porte USB, porte per tastiera e mouse, uno slot PCI e altro ancora, in più hanno consumi relativamente bassi e prezzi a mio avviso competitivi.

di Enzo Brusati
(enzo_br@virgilio.it)

PC

Poco tempo dopo avere scoperto queste schede, riuscii a trovare in una delle tante fiere di elettronica una mainboard di questa serie, una EPIA 9000, che acquistai subito. Questo modello, rispetto alla 5000, monta un processore più veloce (933MHz contro 533) ma ha una piccola ventola su di esso.
In seguito mi procurai tutto il necessario per trasformare questa scheda in un completo computer, ossia un drive per floppy, un lettore DVD, un hard disk da 3.5'' ed un alimentatore ATX, e dopo aver installato il sistema operativo e aver fatto girare qualche applicazione, mi resi conto che le prestazioni erano davvero niente male!
Così decisi di usare la mainboard come base per realizzare quello che doveva essere il mio nuovo computer.
Il gruppo dissipatore e ventola posti sul processore, che grosso modo dissipava una trentina di watt, poteva essere sostituito senza particolari problemi da un solo dissipatore passivo di generose dimensioni. Rimanevano così solo due altri fonti di rumore: l'hard disk e la ventola sull'alimentatore.
L'hard disk tradizionale poteva essere sostituito da un modello realizzato con memorie FLASH, ossia senza parti in movimento e completamente silenzioso, ma le limitate capacità massime di questi dispositivi (poche decine di Gbytes) ed il costo rapportato alla capacità molto più elevato rispetto ai tipi classici li rendono purtroppo ancora inadatti a sostituire gli hard disk nei pc da casa o ufficio. A titolo informativo, gli hard disk flash, rispetto ai modelli tradizionali che siamo abituati a vedere di solito, sono notevolmente più robusti e affidabili, e per queste loro caratteristiche vengono usati soprattutto in campo militare e industriale dove è di fondamentale importanza garantire la ritenzione di dati, o dove, per le vibrazioni, un normale hard disk non potrebbe funzionare. Nei negozi di materiale informatico più specializzati non è raro trovare FLASH disk IDE di capacità di qualche centinaio di Mbyte, non adatti a contenere sistemi operativo come Windows 2000 o XP ma più che sufficienti per trasformare la vecchia mainboard che giace inutilizzata nell'armadio in un sofisticato lettore CD/DVD/MP3 e altro...
Tornando a noi, per realizzare un pc silenzioso, oggi il miglior compromesso tra capacità, prezzo e rumorosità viene offerto dagli hard disk da 2.5'', per intenderci quelli normalmente usati nei notebook. Il computer che presento in queste pagine è dotato di uno di questi hard disk, montato su colonnine antivibranti e "zittito" ulteriormente dal case in materiale plastico, fonoassorbente: è possibile accorgersi del movimento delle testine solo in condizioni di particolare silenzio.
Essendo necessaria anche una unità per leggere e scrivere i supporti ottici, ho scelto un masterizzatore

Figura 1 *Alcuni prodotti per silenziare il PC*

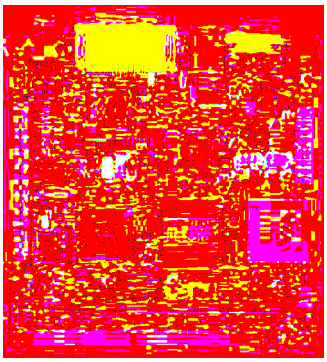


Figura 2 *La mainboard VIA*

DVD della *Pioneer*, un DVR-107D. Al suo posto poteva essere utilizzata una unità ottica per notebook, ma non avrebbe portato particolari vantaggi: così la scelta è ricaduta su una normale unità da 5,25''. I lettori e masterizzatori CD/DVD dei notebook sono in genere molto più costosi e più lenti di quelli destinati ai computer "da tavolo", ma compensano questi lati negativi richiedendo molta meno corrente ed avendo dimensioni notevolmente più contenute rispetto ai primi. In questo caso, però, lo spazio non costituiva un problema e la richiesta di una decina di watt in più non ha complicato la progettazione dell'alimentatore.
Completa il tutto un drive per floppy: sebbene si prevede la sua futura obsolescenza, rimane ancora oggi il metodo più comodo per trasferire file di piccole dimensioni da un computer all'altro. In un prossimo futuro, volendo, sarà possibile sostituirlo con uno dei tanti lettori di memory card interno.
Il rumore generato dai drives per floppy e CD/DVD è trascurabile poichè queste unità, per la maggior parte della loro vita (a meno di utilizzi molto particolari, chiaramente), rimangono in stand-by, completamente ferme. È adesso giunto il turno dell'alimentatore.

L'ALIMENTATORE

Visto il relativamente basso consumo della mainboard, decisi di valutare l'autocostruzione dell'alimentatore.
L'alternativa era quella di prendere un alimentatore qualsiasi e metterci mano per cercare di eliminare la ventola, raffreddando diversamente i componenti che dissipano calore. Ma le alte tensioni (300V) e correnti (anche superiori ai 30A) che circolano in questi alimentatori, oltre alla bassa qualità dei montaggi, non incoraggiano certamente.
Mi sono stati d'aiuto, invece, i circuiti integrati SimpleSwitcher prodotti da National: si tratta di stabilizzatori di tensione switching, e quindi aventi rendimento elevato, disponibili con correnti massime di uscita di 1, 3, e 5A.
A causa dell'elevata potenza richiesta dai vari componenti del computer, è quasi d'obbligo la scelta della tecnica switching per il suo elevato rendimento, ossia del rapporto tra la potenza utilizzata e quella assorbita dal carico. La quantità di energia dissipata in calore è la differenza tra le due: maggiore è il rendimento, minore è l'energia dissipata in calore dall'alimentatore (e con questa, minore è anche la superficie che dovranno avere eventuali dissipatori).
Particolari configurazioni circuitali permettono di realizzare alimentatori per computer con potenze dell'ordine del centinaio di watt e rendimento superiore al 95%. Un rendimento del 100% è impossibile da raggiungere (i circuiti dell'alimentatore stesso hanno bisogno di energia per funzionare...) mentre un valore dell'80% può essere considerato come limite di accettabilità per alimentatori sempre di questa potenza.
I rendimenti più elevati vengono raggiunti in genere utilizzando componenti dedicati e circuiti stampati multistrato. Questi sono gli unici che permettono la realizzazione di piani di massa, la dissipazione sul circuito stampato del calore generato dai componenti e, contemporaneamente, collegamenti particolarmente corti tra questi (si intende piste lunghe pochi millimetri).

	+12V	+5V	+3.3V	-5V	-12V	+5VSB
Mainboard	0.3A	3.3A	3.3A	0.2A	0.2A	1.0A
Hard disk 2.5''		0.5A				
Masterizzatore DVD	0.8A	1.1A				
Drive per floppy da 3.5''	0.2A	0.8A				
4 periferiche USB		2A				
Corrente totale	1.3A	7.7A	3.3A	0.2A	0.2A	1.0A
Totale	15.6W	38.5W	10.9W	1.0W	2.4W	5.0W
Potenza totale richiesta = 73.4W						

Tabella 1 *Assorbimento approssimativo delle diverse parti*

Ma i circuiti stampati multistrato, purtroppo, sono fuori dalla portata del campo hobbystico.

Più tensioni di uscita

Il primo passo da fare per progettare un alimentatore è naturalmente quello di definire le tensioni in ingresso e in uscita e la correnta massime per ciascuna uscita. Come molti già sapranno, gli alimentatori dei computer forniscono più tensioni di uscita, è possibile rendersene conto anche guardando le etichette presenti su di essi. Le tensioni che forniscono, definite dallo standard ATX, sono +12V, +5V, +3.3V, -5V, -12V, ed anche "+5VSB" (+5V di Stand-By). Nella tabella 1 è possibile vedere gli assorbimenti massimi dei vari componenti del computer. Le prime due tensioni, sulle quali l'alimentatore eroga le correnti più alte, vengono utilizzate generalmente da tutti i componenti del computer, mentre le rimanenti sono richieste dalla sola mainboard.
Le tensioni negative vengono utilizzate quasi esclusivamente dalla parte analogica per il trattamento del segnale audio e per far funzionare le porte seriali, e le correnti richieste non superano quasi mai le tre centinaia di mA.
I 5 volt di Stand-By servono invece a mantenere costantemente acceso una piccola parte della mainboard, più precisamente la parte che gestisce l'accensione del computer.

Connettore di alimentazione ATX
(piedinatura del connettore sul cavo)

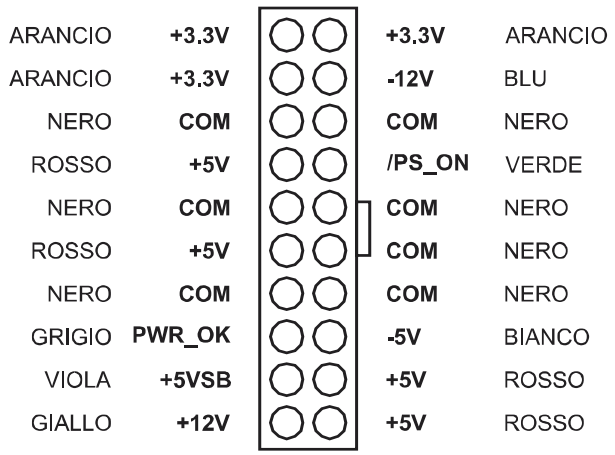


Figura 3 *Piedinatura del connettore di alimentazione della mainboard*

Sempre acceso?!?

Ricordate i computer di 4 o 5 anni fa?
Avevano un grosso interruttore per l'accensione, che interrompeva direttamente la tensione di rete, e non avevano la possibilità di essere spenti dalla tastiera o dal sistema operativo. Quelli di oggi, invece, si accendono alla pressione di un piccolo pulsante, gestito da una parte di circuito sulla mainboard che è costantemente acceso, ed hanno la possibilità di essere accesi e "spenti" (o per meglio dire mandati in stand-by) dal sistema operativo o anche dal modem, cose di non poco conto.
Questo implica che la tensione di stand-by debba essere fornita dall'alimentatore dal momento in cui è presente la tensione di rete, ed anche che la mainboard possa gestire le rimanenti tensioni dell'alimentatore.
Nella figura 3 è possibile vedere la piedinatura del connettore di alimentazione destinato alla mainboard, anche i colori dei fili che fuoriescono da questo sono definiti dallo standard ATX. Si notino, in particolare, i pin che portano i +5VSB ed il segnale /PS_ON (Power Supply ON, attivo basso): come immaginabile per accendere un alimentatore ATX è necessario collegare il filo verde a massa. Da notare anche come siano stati utilizzati più fili per portare la stessa tensione. Il filo grigio (PWR_OK, che sta per PoWeR Ok) viene utilizzato dall'alimentatore per segnalare alla mainboard la corretta presenza delle tensioni di +12V/+5V/+3.3V, e con queste anche la possibilità di caricare il sistema operativo. Fin qui penso di avere dato una idea, almeno grosso modo, del funzionamento della "misteriosa" scatola metallica.
Riprendendo la tabella 1, dalla somma dei valori massimi di corrente per ogni tensione in uscita, e sapendo che il tutto dovrà funzionare partendo dalla tensione di rete di 230Vac, è stato possibile dimensionare l'alimentatore. È stato consigliabile prendere dei margini di qualche ampere per le tensioni più sollecitate (ossia i +12V, +3.3V e +5V) sia per evitare che queste scendano al di sotto dei valori limite a fronte di

improvvisi e forti assorbimenti (con conseguente spegnimento del PC e fastidiose perdite di dati), sia considerando qualche futuro upgrade con periferiche più affamate di corrente. In quanto alle tensioni negative, la mainboard da me utilizzata richiede solamente i -5V, ma per completezza e per compatibilità con schede differenti ho realizzato l'alimentatore in modo tale che fornisca anche questa tensione.

Caratteristiche

Nell'immagine di figura 5 è possibile vedere il prototipo dell'alimentatore da me realizzato.
È in grado di fornire +12V e +3.3V con 5A massimi per ciascuna tensione, +5V con 10A massimi, -12V e -5V con 0.2A massimi per ciascuna tensione ed i 5V di stand-by con 0.5A massimo. La potenza massima di uscita, di poco superiore ai 130 watt, è più che sufficiente per alimentare tutto l'hardware menzionato in precedenza. Il rendimento si aggira intorno all'87%, ed in condizioni di normale funzionamento la potenza totale dissipata dai regolatori di tensione rimane al di sotto della decina di watt.
A differenza degli alimentatori commerciali, qui la circuiteria è (completamente) isolata dalla rete elettrica per mezzo di un grosso trasformatore toroidale da 120VA. Dopo aver dedicato la necessaria attenzione, è stato possibile eseguire lo sbroglio su una sola faccia, facendo uso di soli cinque ponticelli di filo. Così, chiunque abbia modo di incidere circuiti stampati monofaccia, può facilmente realizzare questo alimentatore partendo dal lato rame riportato in scala 1:1 di figura 6.
In figura 7 è visibile il posizionamento dei componenti. Tutti quelli che devono essere raffreddati sono stati posizionati sullo stesso lato del circuito, in modo da permetterne un facile fissaggio al dissipatore. Le piazzole per i fili del connettore di alimentazione della mainboard, come alcuni noteranno, sono un po' sparse per il circuito: a causa delle limitazioni dello stampato monofaccia, non è stato possibile posizionarle in una sola zona.
Nota importante, a causa delle alte correnti e frequenze presenti in questo circuito, ne sconsiglio la realizzazione su millefori: collegamenti più lunghi tra i componenti e di sezione inferiore a quella delle piste sul circuito stampato possono causare vari problemi di funzionamento.

Funzionamento

In figura 8 è possibile osservare lo schema elettrico dell'alimentatore. Il trasformatore toroidale ed il ponte raddrizzatore da 25 ampere ad esso collegato sono gli unici componenti che, visto il loro ingombro, non trovano posto sul circuito stampato.

Figura 4 Un alimentatore ATX commerciale

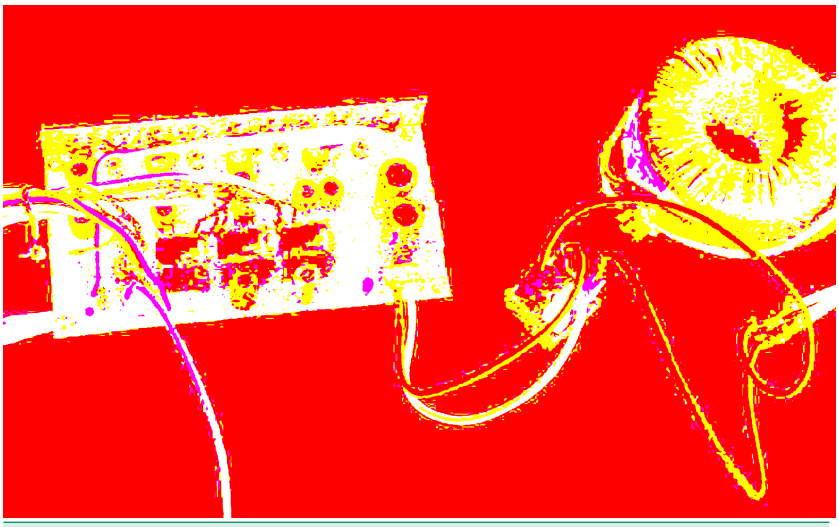


Figura 5 L'alimentatore ATX "home-made", in fase di collaudo

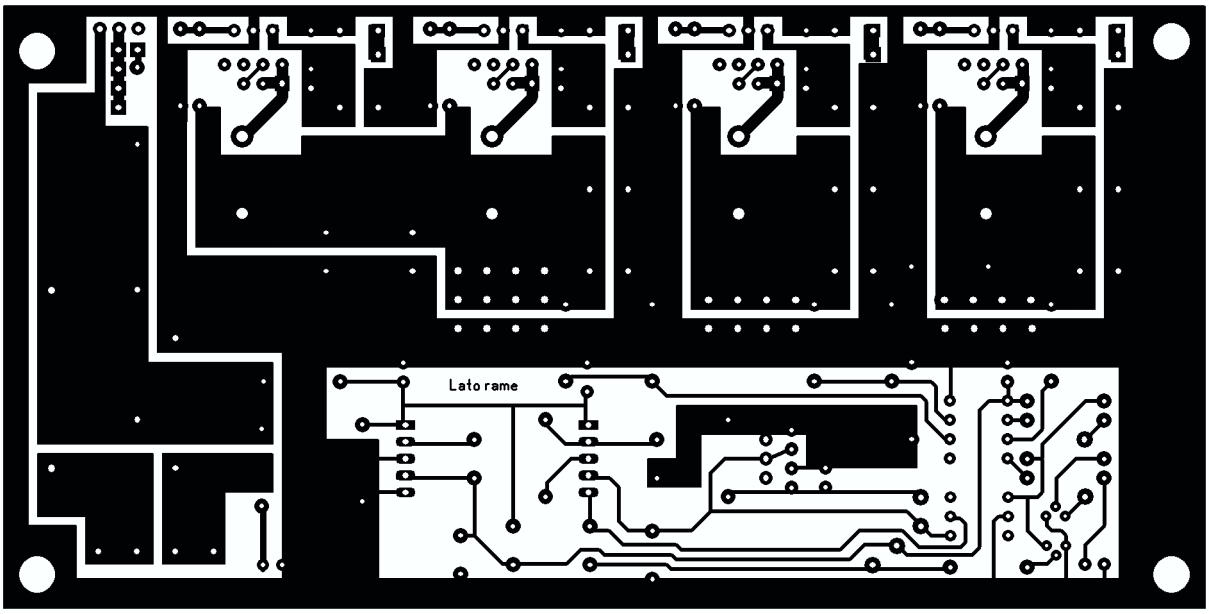


Figura 6 Circuito stampato in scala 1:1 (lato rame)

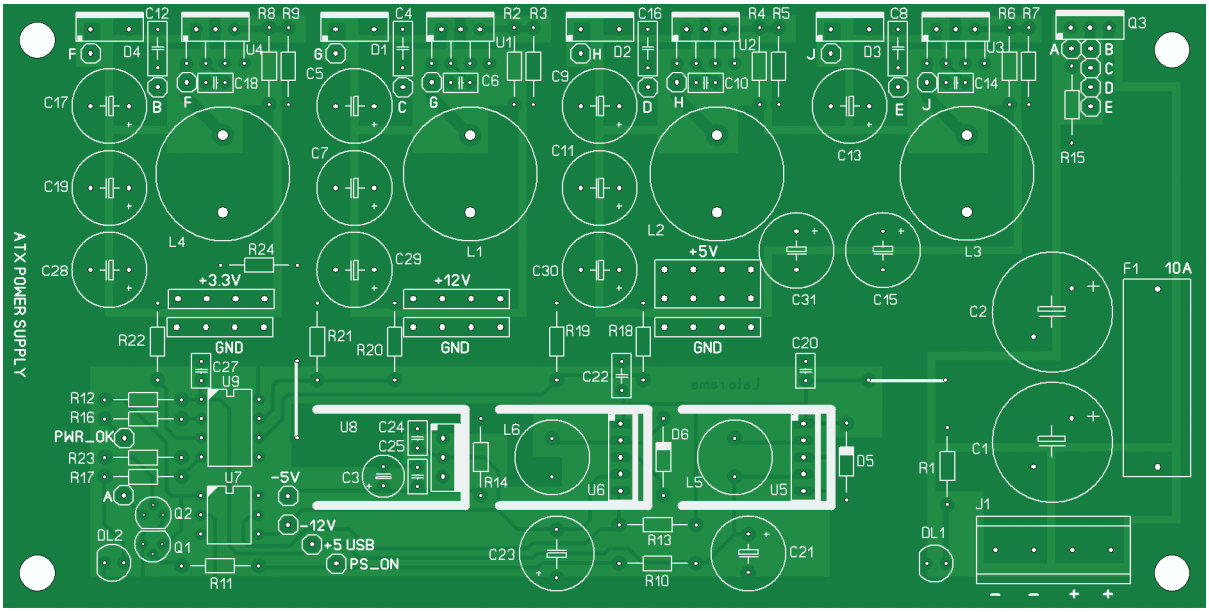


Figura 7 Piano di montaggio

I 12V alternati, una volta raddrizzati dal ponte, vengono portati su J1 dove caricano i condensatori C1 e C2 passando attraverso il fusibile di protezione F1. Il led DL1 indica la presenza di tensione sui due consensatori e provvede anche a scaricarli quando viene a mancare la tensione di rete.

Subito dopo troviamo il mosfet Q3 che ha la funzione di interrompere quando serve l'alimentazione dei quattro circuiti integrati LM2678, costituenti a sua volta la vera e propria sezione di potenza de circuito. La tensione di alimentazione viene portata anche agli integrati U5 ed U6, rispettivamente un LM2575T-5.0 ed un LM2575T-12: Il primo, assieme ai componenti C20-D5-L5-C21, fornisce costantemente i 5V di stand-by finchè sono presenti i circa 16V su C1 e C2. I +5VSB non servono solo, come già detto, per tenere "viva" la mainboard, ma anche per alimentare una parte della circuiteria sull'alimentatore stesso. U6 provvede a generare i 12V negativi assieme al gruppo C22-D6-L6-C23; tale tensione è anche il punto di partenza per generare i -5V attraverso U8. La resistenza R14, che può a prima vista sembrare inutile, fa da carico minimo al 7905. Ricordo che gli stabilizzatori di tensione serie 78xx e 79xx necessitano di un carico minimo di qualche mA per funzionare: se non si rispetta questo particolare, non viene garantito l'esatto valore della tensione in uscita. Dato che tutte le rimanenti tensioni fornite da questo alimentatore rimangono stabili anche senza assorbimento di corrente, ho deciso di mantenere la caratteristica anche sui -5V aggiungendo la R14, visto che non comportava difficoltà.

Il gruppo composto da Q1, U7, e resistenze di contorno, permette l'accensione e lo spegnimento dell'alimentatore mediante il segnale /PS_ON, vediamo come. In stand-by, o a computer spento, questo segnale viene mantenuto a +5V dalla resistenza R10, Q1 si trova in stato di saturazione e spegne il led contenuto nel fotoaccoppiatore U7, cortocircuitando a massa l'anodo di questo. Il transistor, presente sempre in U7, viene interdetto e in tal modo U6 rimane spento in quanto la resistenza R13 porta a livello alto il suo pin 5 (ingresso /ON). Inoltre, Q2, trovandosi in stato di interdizione, fa sì che il gate del mosfet a canale "P" Q3 venga tenuto a livello alto dalla resistenza R15. In questo modo, il suo drain si trova scollegato dalla Vcc e la sezione di potenza rimane spenta.

Quando invece la mainboard porta a livello

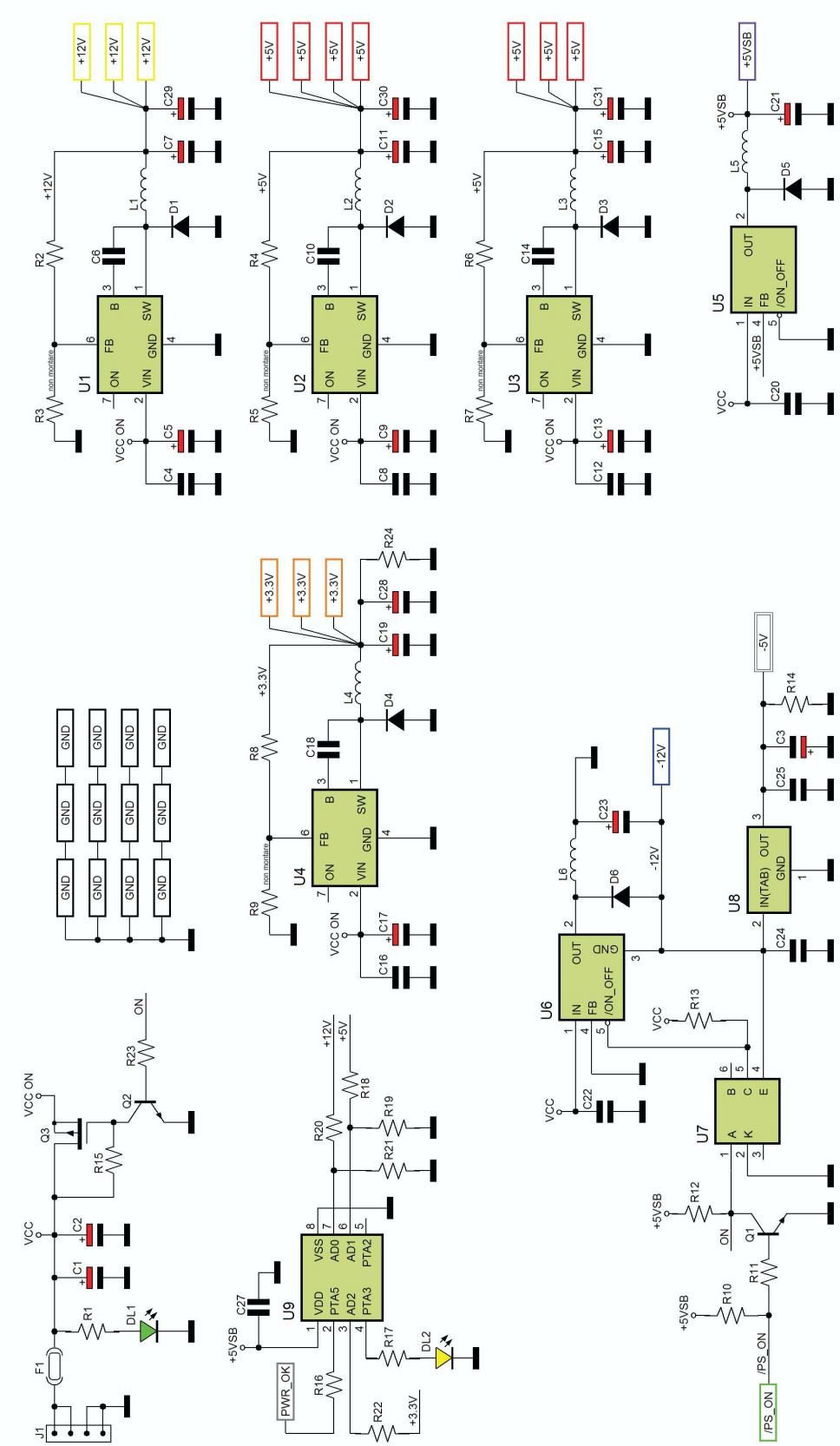


Figura 8 Schema elettrico

basso il segnale /PS_ON, il transistor Q1 viene a trovarsi in interdizione, ed il led all'interno di U7, alimentato dai +5V di stand-by attraverso la resistenza R12, si accende. Al contrario di quanto detto poco sopra, il transistor contenuto nel fotoaccoppiatore si satura e mette in contatto i pin /ON e GND di U6: in questo modo U6 si "accende" e, mediante la particolare configurazione utilizzata (tratta dal datasheet del LM2575), porta a -12V il suo pin GND.

Quasi superfluo spiegarlo, U8, un comunissimo 7905, mette a disposizione la tensione di -5V partendo da quella di -12V.
Portando /PS_ON a livello basso, anche il mosfet Q3 entra in conduzione fornendo a sua volta alimentazione ad U1, U2, U3, ed U4. Come già anticipato, questi circuiti integrati sono degli stabilizzatori switching di tensione, grosso modo simili agli LM2575 ma con corrente di uscita di 5 ampere anziché solo uno. Il loro

Elenco componenti

Sigla	Valore	Sigla	Valore
R1	4.7 KΩ 1/4 W	C20, C22, C24, C25, C27	100 nF passo 2.54 mm ceramico
R2	18 KΩ 1/4 W	C21, C23	1000 µF 25 V a basso ESR elettrolitico
R3, R5, R7, R9	Non montare	D1÷D4	Diodo schottky MBR745 (RS cod. 183-4359)
R4, R6	3.48 KΩ 1% 1/4 W	D5, D6	Diodo schottky 1N5819 (RS cod. 447-1355)
R8	0 Ω (ponticello)	DL1	Led verde 3 mm
R10	1.2 KΩ 1/4 W	DL2	Led giallo 3 mm
R11, R13, R23	10 KΩ 1/4 W	Q1, Q2	BC547
R12, R14, R24	470 Ω 1/4 W	Q3	Mosfet RFP15P05 (RS cod. 841-340)
R15	100 KΩ 1/4 W	U1÷U4	LM2678T-3.3
R16, R17, R22	1 KΩ 1/4 W	U5	LM2575T-5.0
R18	1.8 KΩ 1/4 W	U6	LM2575T-12
R19, R21	3.3 KΩ 1/4 W	U7	4N25
R20	8.2 KΩ 1/4 W	U8	7905
C1, C2	3300 µF 25 V elettrolitico	U9	MC68HC908QT2 (da programmare, vedi testo)
C3	10 µF 16 V elettrolitico	L1÷L4	Induttanza 15 µH tipo Coilcraft PCV-1-153-10
C4, C8, C12, C16	470 nF passo 5.08 mm ceramico	L5	Induttanza radiale 330 µH 1A
C5, C7, C9, C11, C13, C15, C17, C19, C28, C29÷C31	100 µF 20 V a basso ESR elettrolitico (RS cod. 188-3288)	L6	Induttanza radiale 100 µH 1A
C6, C10, C14, C18	10 nF passo 2.54 mm ceramico	F1	Portafusibile con fusibile rapido da 10A

PESCARA

SILVI MARINA (TE) - FIERA ADRIATICA
S.S.16 (Nazionale Adriatica) - Km. 432

Fiera Adriatica
PALAUNIVERSO

2ª FIERA MERCATO
DELL'ELETTRONICA

PROTEZIONE CIVILE

ARI

RADIOAMATORE
COMPUTER
INTERNET
TELEFONIA
ANTENNE
TV SAT
EDITORIA

16 - 17 APRILE 2005

SABATO 9:15 - 19:00 / DOMENICA 9:00 - 19:00
AMPIO PARCHEGGIO e SERVIZIO NAVETTA GRATUITI
RISTORANTE - SELF SERVICE INTERNO

2005 primavera

con il patrocinio di

Provincia di Pescara

Comune di Silvi

Sezioni ARI di Chieti e Pescara

Studio Organizzatore Via Siena, 22 - 65122 PESCARA
Tel. 085 4215840 - Fax 085 290358
e-mail: e.pescarafiere@libero.it

Mediaset 1000 - realizzazione grafica: Cittarp

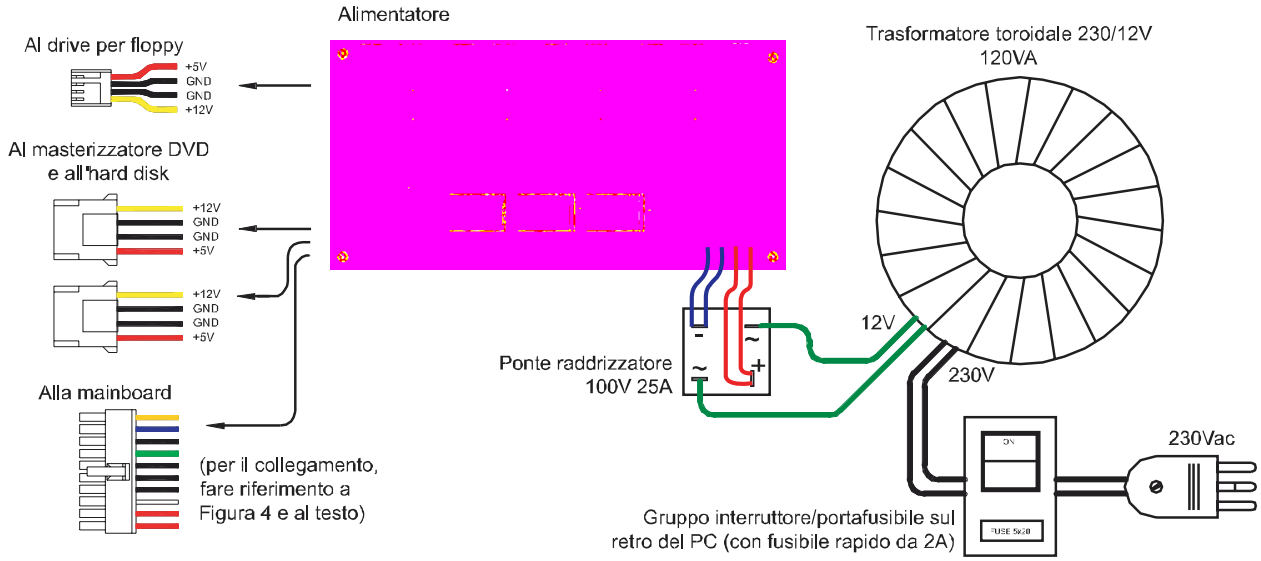


Figura 9 Collegamento del trasformatore e del ponte raddrizzatore

utilizzo, come è possibile osservare, ha reso davvero semplice la realizzazione di questo alimentatore: in alternativa si sarebbero dovuti utilizzare dei regolatori switching meno potenti abbinati a mosfet di potenza esterni complicando sensibilmente progettazione, sbroglio e montaggio.

Le tensioni di +12V e +3.3V vengono generate rispettivamente da U1 ed U4, mentre i +5V vengono generati da U2 ed U3 che, con le uscite unite, rendono disponibile una corrente massima di 10A.

Il circuito integrato U9 svolge la funzione di controllare le tre tensioni fornite dagli LM2678 e di segnalare alla mainboard, mediante il segnale PWR_OK, il loro corretto valore, o più precisamente il raggiungimento di una determinata soglia. In commercio esistono dei circuiti integrati appositamente dedicati a questa funzione, ma, come spesso accade, non mi sono stati di facile reperibilità: limitato alle risorse offerte dal cassetto, ho pensato al 68HC908QT2, un piccolo e recente microcontroller prodotto da Motorola caratterizzato principalmente da pochi pin di I/O, alte prestazioni e relativamente basso costo. Il convertitore A/D a 8 bit a 4 canali presente al suo interno l'ha reso quasi ideale all'utilizzo in questa applicazione. È stato possibile anche collegare uno dei suoi pin ad un led (DL2), in modo da rendere

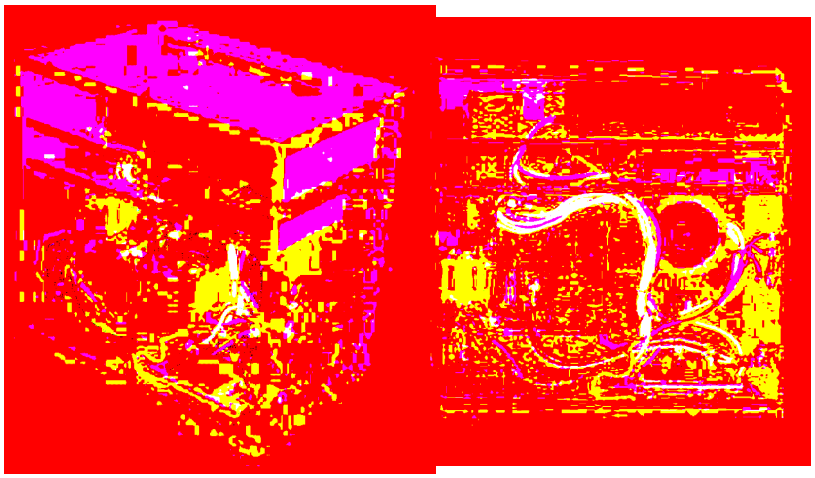


Figura 10-11 Interno del PC

Figura 12 Foto del montaggio dell'hard disk e dell'alimentatore

facilmente comprensibile lo stato della sezione di potenza. Quando l'alimentatore è in funzione il led rimane acceso, mentre quando l'alimentatore è in stand-by, o quando una delle tre tensioni di potenza scende al di sotto della soglia impostata, questo led emette un breve lampeggio ogni 10 secondi circa. Il lampeggio indica anche che il programma all'interno del microcontroller sta girando.

MONTAGGIO

Come anticipato, il circuito stampato può essere facilmente ottenuto mediante fotoincisione partendo dalla figura 6. Per esigenze costruttive, è stato necessario lasciare comperta di rame buona parte dell'area del circuito stampato: la sola zona più "vuota" è quella occupata dai due LM2575 e dal microcontroller U9, ossia dove circolano correnti dell'ordine di solamente poche decine di mA.

Per la saldatura dei componenti consiglio un saldatore a stilo di potenza non superiore ai 60W, come al solito facendo attenzione a non creare cortocircuiti tra le piste o tra le aree di rame.

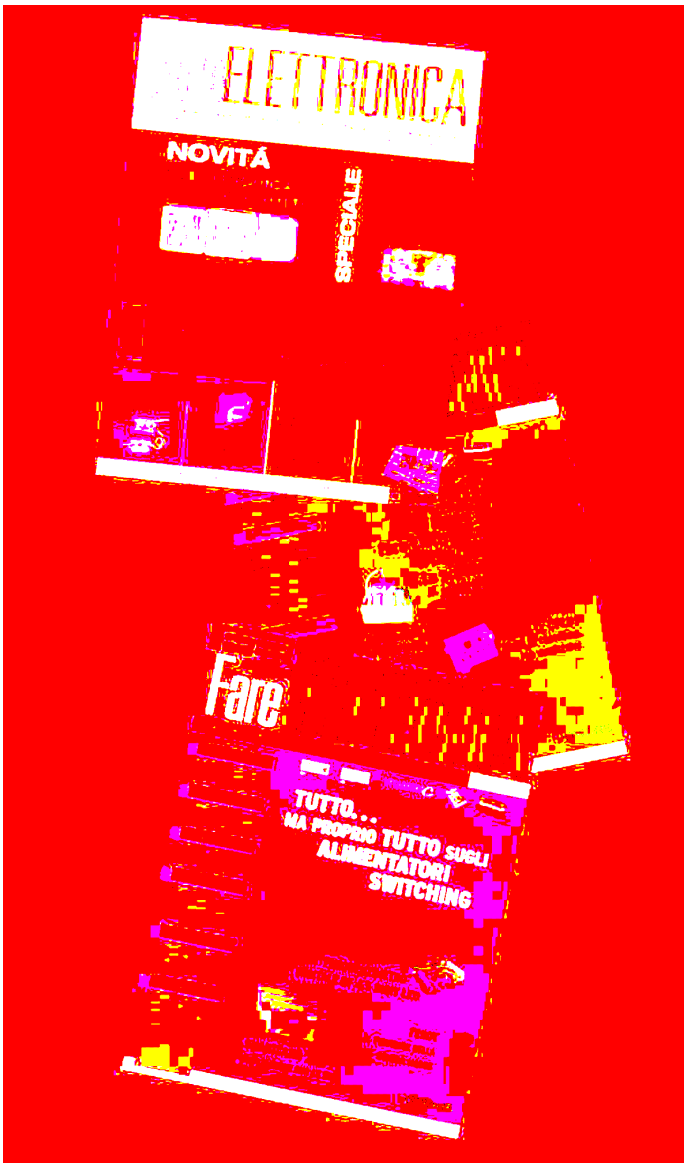
È bene, in questo caso, iniziare il montaggio dai componenti che andranno fissati al dissipatore, ossia i circuiti integrati U1÷U4, i diodi shotkky D1÷D4 ad essi accoppiati, ed il mosfet Q3.

È consigliabile prima infilare tutti questi componenti nelle apposite piazzole sul circuito stampato, poi fissarli al dissipatore e, solo successivamente, saldarli.

Dopo questi si potrà passare ai componenti più bassi, ovverosia le resistenze, i diodi shotkky D9 e D10, ed i condensatori ceramici, per poi continuare con U7 e lo zoccolo per U9. Mentre il fotoaccoppiatore U7 può essere direttamente saldato sul circuito, è vivamente consigliabile montare il microcontroller U9 su zoccolo: faccio presente che questo componente deve essere programmato con il software scaricabile dal sito internet di Fare Elettronica.

Successivamente si monteranno i condensatori elettrolitici OS-CON da 100uF 20V, facendo attenzione alla loro polarità. Raccomando di *non utilizzare modelli differenti*: sebbene questi condensatori non siano reperibili ovunque ed

Abbonati oggi!



www.farelettronica.com/abbonamento

FareELETTRONICA

LA RIVISTA DI ELETTRONICA APPLICATA, TECNOLOGIE E PRODOTTI

abbiano costo superiore di molti altri, sono tra i pochi ad avere valori di ESR e correnti di ripple che li rendono adatti a funzionare con gli LM2678.
Si continuerà con i U5, U6 ed U8, cioè il 7905 ed i due LM2575, prestando attenzione a non invertire questi ultimi (in posizione U5 va montato quello marchiato "-5.0", in U6 quello con il "-12") e ricordandosi di munirli di dissipatore.
Per completare, si monteranno le due induttanze L5 ed L6, che devono sopportare almeno 1A di corrente massima, il portafusibile (da dotare di fusibile rapido da 10 ampere), le grosse induttanze L1÷L4 per gli LM2678 e, per ultimo, i condensatori elettrolitici C1 e C2, da 3300µF cadauno.
In quanto alle induttanze L1÷L4, sconsiglio di utilizzare modelli differenti dal PCV-1-153-10 prodotti della Coilcraft, pena il rischio di surriscaldamento delle stesse e degli integrati U1÷U4 in presenza di assorbimenti di corrente elevati.
Il connettore per l'alimentazione della mainboard, così come quelli di alimentazione per il floppy drive ed il masterizzatore DVD, possono essere recuperati da un alimentatore ATX non funzionante, acquistabile a bassissimo prezzo nelle fiere di elettronica. Nel circuito stampato ho previsto più piazzole per i +5V, +12V e la massa, in modo da offrire la possibilità di poter collegare anche più drives (perché no?) a patto però, che la somma delle correnti da essi richieste rimangano inferiori a quelle erogabili dall'alimentatore.
Ricordo che l'alimentatore è collegato ad ogni componente del computer, ed un suo malfuzionamento può causare seri danni ad ognuno di questi: consiglio quindi di prestare la dovuta attenzione nel montaggio. Dopo aver montato il circuito, è raccomandabile fare una verifica del funzionamento portando una tensione continua

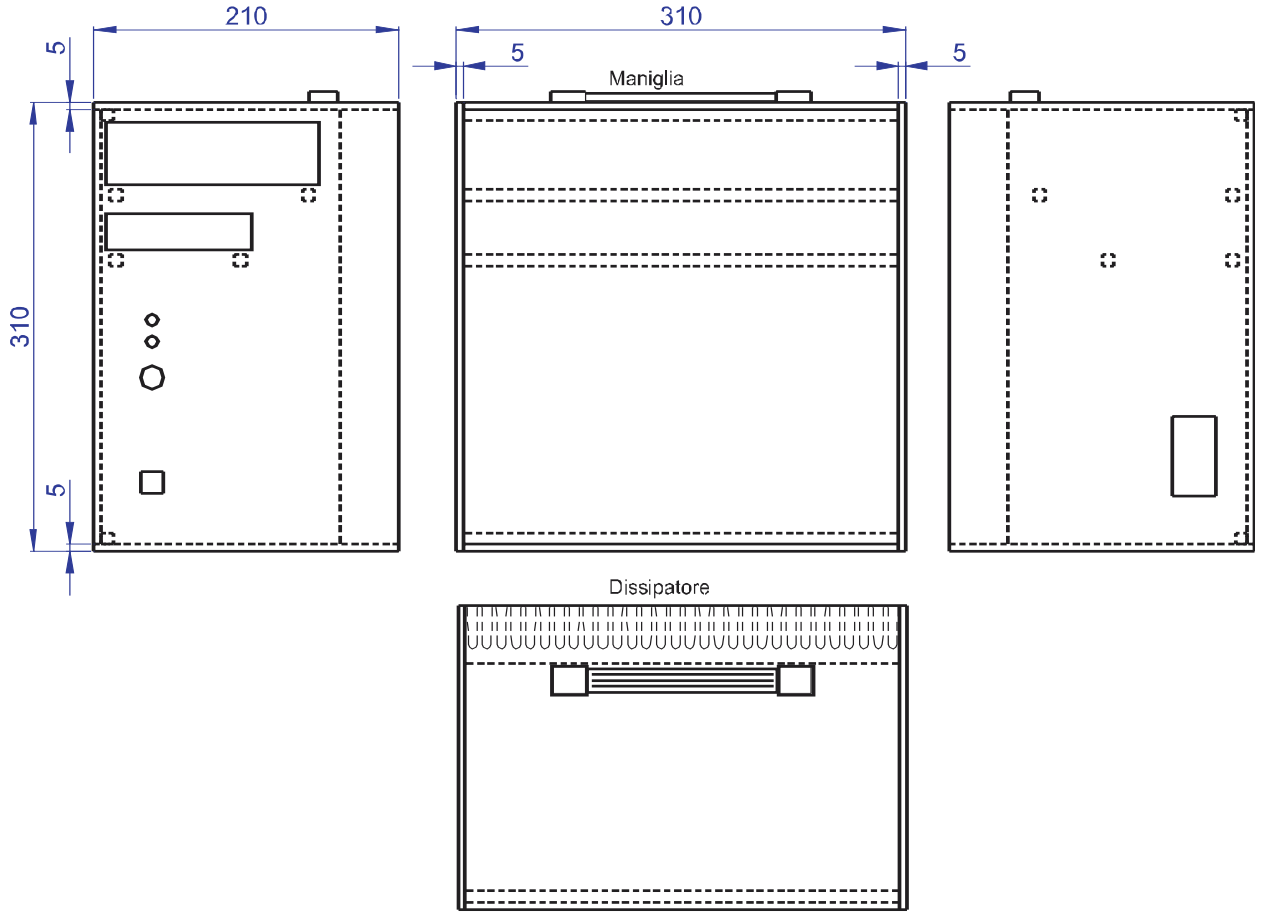


Figura 13 Disegno del case

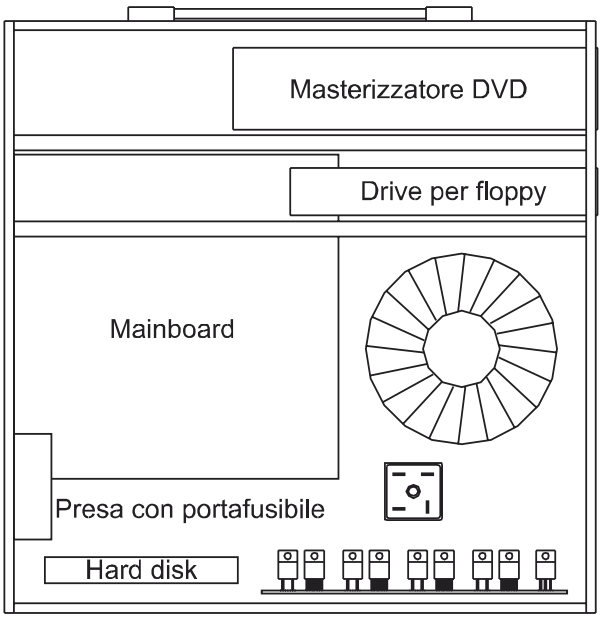


Figura 14 Disposizione dei componenti all'interno del case

di 16V su J1 (con il polo positivo sui contatti 1 o 2 e il negativo su 3 e 4) e, con un multimetro, verificando prima la presenza dei soli +5VSB sul connettore per la mainboard e poi, cortocircuitando i fili verde e nero, anche la presenza di tutte le rimanenti tensioni (fare riferimento alla figura 3).
Se fin qui tutto funziona, è possibile fare un ulteriore test collegando al circuito il trasformatore ed il ponte raddrizzatore, come visibile in figura 9, e simulando con delle resistenze di potenza o delle lampade ad incandescenza l'assorbimento di mainboard e periferiche. Se tutto funziona, queste tensioni rimarranno entro il ±5% del loro valore nominale.

IL CASE

Per smaltire il calore generato dal processore sulla mainboard e dall'alimentatore ho utilizzato un sovrabbondante dissipatore in alluminio anodizzato, la sua resistenza termica, inferiore a 0.3°C/W, lo rende capace di disperdere l'intera potenza erogabile dall'alimentatore rimanendo a temperatura accettabile.
La mainboard è montata su di esso, ed il processore è termicamente unito a questo mediante un blocco in alluminio opportunamente sagomato e "spalmato" a dovere con della pasta termoconduttiva.
Il dissipatore costituisce praticamente la struttura portante del case: su di esso sono montati anche l'alimentatore, il trasformatore toroidale ed il ponte raddrizzatore.
Tutto l'hardware è racchiuso e protetto da cinque lastre in plastica di 5mm di spessore: di queste, quella sul frontale è in PVC blu scuro, per dare un minimo di estetica, mentre le rimanenti sono in materiale acrilico trasparente. Il masterizzatore DVD ed il floppy sono fissati, per mezzo di antivibranti, su delle bacchette in alluminio a sua volta avvitate sul pannello frontale e sul retro del case. L'hard disk da 2.5'' trova invece posto sulla lastra inferiore, vicino alla parte di alimentazione; anche questo componente è montato su antivibranti.
In figura 13 è visibile un disegno del case, con le dimensioni di ingombro, mentre in figura 14 è rappresentata la disposizione, indicativa, dei vari componenti. Una maniglia presente sulla parte superiore del case, e internamente fissata al dissipatore, permette di spostare il computer in sicurezza (visto il suo peso di circa 10kg).
Completano il pannello frontale un connettore a due porte USB, le classiche spie verdi e rosse che indicano rispettivamente il funzionamento del PC e l'attività dell'hard disk e, poco sotto di esse, un pulsante in acciaio tornito che svolge l'immancabile ruolo di tasto di accensione. Volutamente, ho omesso il pulsante di reset, che reputo inutile nei computer "stabili".

Figura 15 Dettaglio del frontale

CONCLUSIONI

Spero che quanto finora descritto possa essere fonte di ispirazione per chi, infastidito dal continuo rumore del suo computer, è alla ricerca di sistemi davvero efficaci per silenziarlo.

gli appuntamenti

ALCUNE DELLE DATE INDICATE POTREBBERO SUBIRE VARIAZIONI

Per sapere in quali fiere trovi lo stand di FareELETTRONICA visita la pagina: www.farelettronica.com/fiere

05-06 Febbraio 2005

EXPO ELETTRONICA — Bastia Umbra (PG)

Expo Elettronica è l'unico appuntamento dell'Umbria dedicato all'elettronica e alle sua applicazioni. Facilmente raggiungibile anche dalle regioni limitrofe grazie al collegamento con l'E45, propone una vasta e qualificata rassegna di prodotti tecnologici nuovi o usati, ma anche radio, dischi e cd d'epoca e da collezione.

LUOGO: Umbria Fiere - Bastia Umbra (PG)
ORARI: dalle 9:00 alle 19:00
ORGANIZZATORE: Blu Nautilus (www.blunautilus.it - Tel 0541-53294)
INGRESSO: € 7,00 - ridotto € 6,00

12-13 Febbraio 2005

RADIO ELETTRA — Ferrara

Mostra mercato di: radio ricetrasmittenti, computer, elettronica, componentistica, elettronica surplus, telefonia, televideosat, installazioni hi-fi car, attrezzi e materiali di consumo settore hobbistica, editoria specializzata, radio private.

LUOGO: Ferrara Fiere Congressi - Ferrara
ORARI: dalle 9:00 alle 18:00
ORGANIZZATORE: Promozioni Fieristiche (info@promozionifieristiche.it - Tel 051-558039)
INGRESSO: n.d.

12-13 Febbraio 2005

ROBOFESTA — BAGHERIA (PA)

Prima robofesta organizzata in Sicilia, la competizione è aperta alla categoria minisumo e seguilinea, è prevista inoltre un'esposizione tecnologica. Giorno 12 verranno presentati i robot partecipanti, il 13 la robocompetizione vera e propria. Per qualsiasi informazione visitate i nostri siti http://robofesta.minisumo.net e http://www.minisumo.net

LUOGO: IPIA S.D'Acquisto via Consolare, 213 Bagheria (PA)
ORARI: Visitate il sito
ORGANIZZATORE: Francesco Baiardo, Alessandro Bosco (http://robofesta.minisumo.net oppure http://www.minisumo.net)
INGRESSO: Gratuito

di FEBBRAIO
duemilacinque

19-20 Febbraio 2005

MILANO HI-END — Assago (MI)

Sesto appuntamento per l'alta fedeltà che si svolge nel prestigioso Centro Congressi del Jolly Hotel Milanofiori. Oltre alla presenza di interessantissimi marchi, vi saranno presenti anche le maggiori testate delle riviste di Hi-Fi.

Luogo: Centro Congressi - Jolly Hotel Milanofiori Assago (MI)
Orari: dalle 9:00 alle 18:00
Organizzatore: The Sound Of The Valve (www.thesoundofthevalve.it - 0382-71428)
Ingresso: Gratuito

19-20 Febbraio 2005

26ª MOSTRA REGIONALE DELL'ELETTRONICA — Scandiano (RE)

Luogo: Centro Fieristico di Scandiano (RE)
Orari: dalle 9:00 alle 18:30
Organizzatore: Comune di Scandiano (www.fierascandiano.it - Tel 0522-857436)
Ingresso: n.d.

26-27 Febbraio 2005

3ª MOSTRA MERCATO NAZIONALE DEL RADIOAMATORE, DELL'ELETTRONICA E DELL'INFORMATICA — Pompei (NA)

Luogo: Complesso Espositivo Istituto Bartolo Longo Pompei (NA)
Orari: dalle 9:00 alle 19:30
Organizzatore: A.R.I. Pompei (www.aripompei.it - Tel 081-8599101)
Ingresso: n.d.

05-06 Marzo 2005

EXPO ELETTRONICA FAENZA — Faenza (RA)

Da molti anni l'elettronica è entrata a far parte del nostro quotidiano, non solo in ambito professionale ma anche fra le mura di casa: dagli elettrodomestici ai giochi dei bambini, dagli antifurto alla Tv satellitare. Expo Elettronica a Faenza è uno degli appuntamenti più noti e frequentati sia per l'elettronica di consumo sia per prodotti rivolti ad un pubblico più esperto.

Luogo: Faenza Fiere - Faenza (RA)
Orari: dalle 9:00 alle 18:00
Organizzatore: Blu Nautilus (www.blunautilus.it - Tel 0541-53294)
Ingresso: € 7,50 - ridotto € 6,50

Quindicesima parte
L'uso del preprocessore C

Sedicesima parte
Strutture dati dinamiche

Diciassettesima parte
Implementazione di strutture dati dinamiche

Vitamina C: Strutture dati

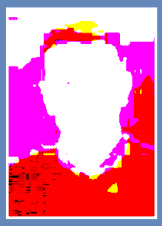
In questa puntata inizieremo a trattare un argomento molto interessante ed utile in pratica: l'implementazione di strutture dati dinamiche in C.
Verranno descritte le strutture più comuni che è possibile realizzare, il loro funzionamento, ed il loro utilizzo.
Nel prossimo articolo invece verranno discussi i dettagli pratici relativi alla loro implementazione.

Esistono molte situazioni in cui è necessario gestire dei dati la cui dimensione non si può conoscere a priori, o può addirittura variare durante l'esecuzione del programma. Basti pensare ad esempio alla memorizzazione di una rubrica telefonica, ad un elenco dei nomi dei file presenti in una directory (con tanto di lunghezza ed attributi vari), ad una lista di compiti da svolgere che vengono generati e messi in coda prima di essere eseguiti, alla valutazione di tutte le possibili scelte che si possono compiere cercando di risolvere un problema… A prima vista una situazione del genere potrebbe sembrare difficilmente gestibile in C, dal momento che il linguaggio impone un dimensionamento preciso e definitivo dei dati che si utilizzano. Una prima soluzione banale, ma assolutamente non ottimizzata, potrebbe essere quella di creare oggetti (ad esempio array) di dimensioni abbastanza più grandi di quelle che presumibilmente si utilizzeranno durante l'esecuzione del programma. Questa soluzione comporta però un notevole spreco di memoria, è poco flessibile, e non dà garanzie assolute di funzionare in tutte le condizioni. La soluzione migliore è quindi allocare la memoria per ogni elemento solo quando esso deve essere creato, e deallocarla nel caso in cui l'elemento viene cancellato. Questo può essere fatto con le funzioni **malloc** e **free** della libreria **stdlib.h**, che sono già state descritte ed utilizzate nelle scorse puntate (FE 231 e 232). In questo modo però sarebbe necessario utilizzare una variabile per ogni nuovo elemento, ricadendo nei problemi descritti prima. Per potere gestire in maniera efficiente tutti gli elementi creati è necessario quindi "collegarli" in qualche modo, formando così una struttura unitaria, che fa capo ad una sola variabile. Questo, come vedremo nel prossimo paragrafo, è reso possibile dall'utilizzo dei puntatori. Strutture dinamiche di questo tipo sono utilizzate in molti campi, ad esempio nella gestione di database, in alcune interfacce hardware (FIFO), in alcuni formati di file, ed in molti file system (FAT32, Unix…). Quindi anche se non direttamente utilizzate nei nostri programmi può essere utile conoscerle per poterle gestire correttamente da "utenti".

LE LISTE

La lista è la struttura dinamica più semplice ed intuitiva che si possa immaginare, ed è anche una delle più utili in pratica. Si può pensare ad essa come ad una specie di array, i cui elementi possono essere però aggiunti e cancellati singolarmente. Ciascun elemento è collegato al successivo, utilizzando delle informazioni apposite contenute in esso stesso. In questo modo è sufficiente conoscere il primo elemento (la "testa" della lista) per potere gestire l'intera struttura (figura 1). Più in dettaglio, ogni elemento della

di Antonio Di Stefano
a.distefano@farelettronica.com



dinamiche

lista è costituito da una struttura con (almeno) due campi: il primo è il dato vero e proprio (che può essere indifferentemente un tipo predefinito, un array, una stringa, una struttura…), il secondo è un puntatore all'elemento successivo. Una struttura adatta ad implementare una lista potrebbe essere la seguente:

```
typedef struct Elm {
  int dato;
  struct Elm *prossimo;
} Elemento;
```

Abbiamo definito un tipo strutturato composto da due campi: un dato, in questo caso di tipo intero, ed un puntatore alla stessa struttura. Questa dichiarazione apparentemente "ricorsiva" può stupire un po', ma non ha niente di strano in se, avremo potuto usare anche un puntatore al tipo *void* (va ricordato che tutti i puntatori sono rappresentati nello stesso modo in memoria, l'informazione sul "tipo" serve solo al compilatore per eseguire determinate operazioni).
Nel programma verrà dichiarato soltanto un elemento, che farà capo ad una variabile (o ad un puntatore) e che corrisponderà alla testa della lista, gli altri elementi verranno aggiunti di seguito quando sarà necessario. L'ultimo elemento (la "coda" della lista) si riconosce per il fatto che il suo campo *"prossimo"* punta al valore costante NULL. Vediamo un esempio in cui una lista di due elementi viene costruita

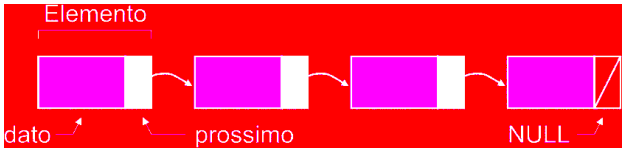


Figura 1 *Rappresentazione schematica di una lista*

"manualmente", passo passo:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct rec {
  int dato;
  struct rec *prox;
} record;

main() {
  record lista, *elem;

  /* primo elemento */
  lista.dato = 76;
  lista.prox = NULL;

  …

  /* secondo elemento */
  elem=(record *) malloc(sizeof(record));
  elem->dato = 8;
  elem->prox = NULL;
  lista.prox = elem;

  printf("Secondo dato = %d", (lista.prox)-
  >dato);
}
```

Il codice esegue i passi descritti prima: viene allocata una variabile dello stesso tipo degli elementi della lista ("lista"), che costituirà la testa della lista stessa, ed un puntatore ad un elemento ("elem"), che verrà utilizzato come variabile temporanea. Il primo elemento viene subito inizializzato (notare l'assegnazione di NULL al puntatore, dal momento che non ci sono ancora altri elementi). Il secondo elemento viene creato successivamente, invocando la funzione mal-

loc. Notare che per determinare la quantità di byte da allocate è stata usata l'istruzione sizeof, che restituisce proprio questa informazione in base al tipo specificato. La funzione malloc restituisce un puntatore al nuovo elemento creato. Il puntatore viene prima utilizzato direttamente per inizializzare i campi del nuovo elemento, poi viene copiato nel campo prox dell'elemento precedente in modo creare il collegamento tra i due. Per ricavare il valore del dato del secondo elemento (usato nella *printf*), è stato necessario partire dal primo, procurarsi il valore del puntatore al secondo elemento *(lista.prox)*, e poi selezionare il *campo dato* della struttura puntata.

Aggiungere elementi alla lista

Aggiungere ulteriori elementi alla lista creata nell'esempio precedente è un'operazione meno intuitiva, e mette in luce una caratteristica delle liste di questo tipo: non è possibile accedere direttamente all'elemento voluto come accade negli array, ma è sempre necessario partire dal primo elemento, e scorrere la lista fino ad individuare quello che ci interessa!
Se vogliamo aggiungere un elemento in coda infatti è necessario prima di tutto allocarlo, e poi copiare il puntatore ottenuto nel campo prox dell'ultimo elemento della lista (al posto di NULL). Per recuperare il puntatore all'ultimo elemento della lista a sua volta è necessario scorrerla tutta (utilizzando tipicamente un ciclo *while*) fino a quando non si incontra un elemento che ha nel suo campo *prox* il valore NULL. A questo punto si può eseguire la copia del nuovo puntatore al suo posto.
Questo meccanismo, sebbene apparentemente un po' laborioso, si rivela molto flessibile. È possibile ad esempio aggiungere degli elementi non solo alla fine della lista, ma anche in un punto qualsiasi. Il procedimento è il seguente:

1. Si alloca il nuovo elemento.
2. Si scorre la lista fino a raggiungere la posizione desiderata (chiamiamola n).
3. Si copia il campo *prox* dell'elemento n nel campo *prox* del nuovo elemento.
4. Si copia al suo posto il puntatore al nuovo elemento.

In figura 2 sono mostrate schematicamente queste operazioni.

Cancellazione di elementi dalla lista

Per cancellare degli elementi dalla lista si procede quasi nello stesso modo in cui li si è creati. Occorre prima di tutto settare il puntatore dell'elemento precedente in modo che punti a quello a cui puntava l'elemento che si vuole cancellare (scavalcandolo in qualche modo). Successivamente occorre deallocare la memoria occupata da questo, utilizzando la funzione **free.** L'algoritmo utilizzato è il seguente:

1. Scorrere la lista fino all'elemento n-1 (precedente a quello che si vuole cancellare), e conservare il puntatore a questo.
2. Recuperare il campo *prox* dall'elemento n (l'elemento n è puntato dal campo *prox* di n-1).
3. Copiare questo nel campo *prox* dell'elemento n-1.
4. Distruggere l'elemento *n* con la funzione **free.**

In questo modo l'elemento n-1 risulterà collegato a n+1, ed n verrà eliminato (figura 3).
Va notato che questo algoritmo funziona anche nel caso di cancellazione dell'elemento di coda della lista.

Altre operazioni

È possibile eseguire anche altre operazioni sugli elementi di una lista, tutte comunque si posso-

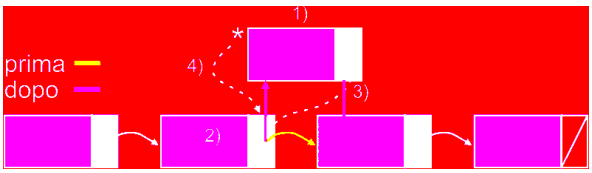


Figura 2 *Aggiunta di un elemento alla lista*

Figura 3 *Cancellazione di un elemento dalla lista*

no ottenere in maniera simile a quelle già viste. Ad esempio è possibile spostare un elemento da una posizione ad un'altra, eseguendo le operazioni descritte per la cancellazione e l'aggiunta di un elemento (ad eccezione dell'allocazione e della deallocazione). Lo stesso procedimento permette di cambiare la posizione di un intero segmento di lista (consecutivo), in questo caso infatti è sufficiente intervenire soltanto sui puntatori di "raccordo", lasciando inalterati gli altri. Altre operazioni come la cancellazione di pezzi di lista necessitano invece di essere eseguiti sui singoli elementi, dal momento che occorre cancellarli singolarmente dalla memoria.

Liste circolari e bidirezionali

Apportando piccole modifiche alla struttura già vista è possibile ottenere due ulteriori tipi di lista. Per comprenderne meglio l'utilità facciamo un esempio. Immaginiamo dovere implementare la funzione di selezione di un brano in un lettore MP3: avremo un certo numero di titoli di brani letti da una directory, e si dovrà potere scorrere la lista agendo su dei pulsanti. È probabile che ciascun titolo (con altri dati relativi alla lunghezza o alla posizione sul supporto di memoria) sia rappresentato come un elemento di una lista. Scorrendo i titoli in una certa direzione, una volta giunti all'ultimo titolo, normalmente lo scorrimento dovrebbe ricominciare dal primo, non solo, dovrebbe anche essere possibile scorrere la lista in entrambe le direzioni. La prima caratteristica è tipica di una lista **circolare**, la seconda di una lista **bidirezionale**. La prima si può ottenere assegnando al campo *prox* dell'ultimo elemento il puntatore al primo, anziché a NULL. In questo modo scorrendo la lista, dopo l'ultimo elemento si ritorna al primo, in modo "circolare" appunto. Quando si usano liste circolari (o si rendono circolari liste che prima non lo erano), occorre prestare attenzione ed evitare di usare funzioni che si aspettano un elemento finale con puntatore NULL. In mancanza di questo infatti tali funzioni scorrerebbero la lista all'infinito!

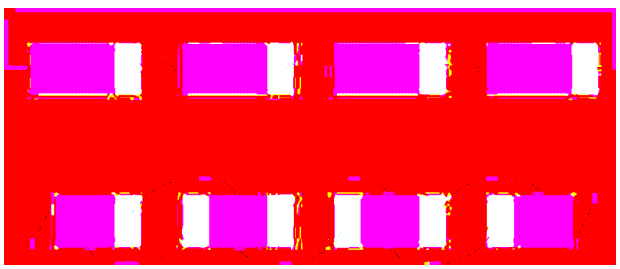


Figura 4 Lista circolare (in alto), e bidirezionale (in basso)

Il procedimento per rimuovere ed aggiungere elementi in liste circolari è identico al caso di liste normali, l'unica differenza è che non ci si può più riferire ad un inizio, ad una fine, o ad una posizione assoluta. L'unico riferimento che si potrebbe avere è quello legato ad un qualche criterio di ordinamento tra i dati. La lista bidirezionale si ottiene invece utilizzando due puntatori in ciascun elemento, uno collegato all'elemento successivo, e l'altro a quello precedente:

```
typedef struct Elm {
  int dato;
  struct Elm *prossimo;
  struct Elm *precedente;
} Elemento;
```

Conoscendo un qualsiasi elemento è possibile ottenere sia il successivo che il precedente (nelle liste unidirezionali occorre invece ripartire dall'inizio per ricavare l'elemento precedente!). La gestione di questo tipo di liste è molto simile a quelle unidirezionali, occorre solo compilare correttamente entrambi i campi relativi ai puntatori. Per le liste lineari il campo *"precedente"* relativo al primo elemento avrà valore NULL, così come il campo *"prossimo"* relativo all'elemento finale. Se si vuole rendere circolare una lista bidirezionale basta collegare i due estremi come spiegato prima. I due tipi di liste sono rappresentati schematicamente in figura 4.

Pile e code

Le normali liste, se utilizzate secondo certi criteri possono implementare altre utili strutture. Tra queste vale la pena di ricordare le pile e le code. Si tratta in entrambi i casi di liste lineari in cui gli elementi vengono aggiunti e prelevati in testa nel caso delle pile, oppure vengono aggiunti in testa e prelevati in coda (o viceversa) nel caso delle code

(figura 5). Entrambe le strutture vengono utilizzate per accumulare temporaneamente delle informazioni, in attesa che queste vengano utilizzate. Dal momento che la velocità con cui gli elementi vengono aggiunti può essere diversa da quella con cui vengono prelevati, la dimensione delle pile e delle code varia nel tempo. La code vengono utilizzate di solito quando i dati devono essere utilizzati nell'ordine in cui sono stati generati (esempio tipico: un buffer FIFO, oppure un elenco dei compiti da svolgere, in cui quelli generati prima devono essere portati a termine prima). Le pile invece si utilizzano quando si ha a che fare con operazioni "annidate", cioè quando i dati generati dai compiti più interni devono essere consumati per prima proprio da questi (esempio: gestione delle parentesi nelle espressioni aritmetiche, o gestione delle variabili create da funzioni annidate).
Le pile e le code possono essere gestite con gli stessi procedimenti visti per le liste lineari.

GLI ALBERI

In molti casi capita di avere a che fare con dati che hanno una intrinseca organizzazione gerarchica, basti pensare all'insieme dei file contenuti nelle varie sottodirectory di un disco, all'organizzazione di certe reti di telecomunicazione, agli alberi genealogici, o all'insieme di possibili scelte che si possono compiere in dipendenza da quelle intraprese prima. Sebbene sia possibile rappresentare questi dati utilizzando strutture lineari (come le liste), spesso è molto più conveniente rappresentarle con una struttura che rispecchia la loro organizzazione, in quanto risulta più semplice l'aggiunta, l'aggiornamento, e la ricerca delle informazioni. Le strutture dinamiche utilizzate in questi casi vengono chiamate "alberi" (a causa della loro forma grafica), e sono ottenuti con una tecnica simile a quella utilizzata per le liste (figura 6).

Si inizia definendo un tipo strutturato corrispondente ad un elemento dell'albero ("nodo"), costituito da un campo utilizzato per memorizzare i dati, e da un certo numero di puntatori che serviranno per collegare i nodi "figli". Un esempio di struttura di questo tipo è il seguente:

```
typedef struct Nd {
  int dato;
  struct Nd *ramo_sx;
  struct Nd *ramo_ct;
  struct Nd *ramo_dx;
} Nodo;
```

In questo caso si è supposto che da ciascun nodo possano partire un massimo di tre rami. Questo ovviamente dipende dalla particolare applicazione. In molti casi pratici per fortuna il numero massimo di rami è conosciuto a priori, e questo semplifica molto la gestione della struttura.
Normalmente si parte da un nodo principale chiamato "radice", ed a questo si aggiungono via via gli altri nodi, allocandoli e collegandoli ai rispettivi genitori tramite i puntatori. Ai rami non collegati

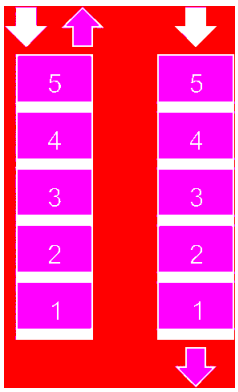


Figura 5 Esempio di pila (a sinistra) e coda (a destra)

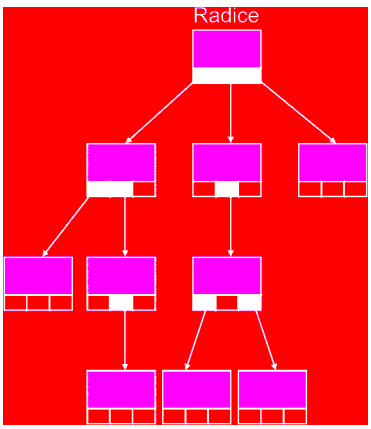


Figura 6 Struttura di un albero

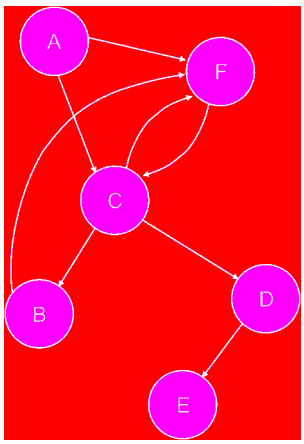


Figura 7 Esempio di grafo

viene assegnato il valore NULL come nel caso delle liste. Proprio come nel caso delle liste, anche per gli alberi è necessario scorrere gli elementi esistenti prima di potere aggiungere o rimuovere un nodo; il problema in questo caso è che non esiste un solo percorso, ma ne possono esistere moltissimi (in dipendenza dal numero di nodi e dalla forma dell'albero). Questo problema è parzialmente attenuato dal fatto che nelle applicazioni comuni spesso l'albero viene costruito seguendo un certo criterio, ad esempio secondo un certo ordinamento dei dati contenuti nei vari nodi. In base a questo è possibile quindi anche scegliere il ramo da visitare quando occorra aggiungere o cancellare un determinato nodo (il percorso dipende in pratica dai dati in esso contenuto, e viceversa, come avviene ad esempio con i nomi dei percorsi dei file e la loro posizione nelle sottodirectory). Quando questa condizione è verificata, l'implementazione e la gestione degli alberi non risulta particolarmente complessa, e può essere impiegata anche su piccoli sistemi di calcolo. Invece nel caso in cui non sia possibile applicare queste semplificazioni, la gestione degli alberi risulta alquanto più complessa, e richiede l'uso di algoritmi appositi. Ad esempio nel caso in cui occorra scorrere l'intero contenuto dell'albero è possibile utilizzare gli algoritmi di visita in "profondità" o in "ampiezza". Nel primo caso si visita, a partire dalla radice, un preciso ramo (per esempio quello più a sinistra), quindi lo stesso ramo del nodo figlio e così via, fino a quando non si incontra un puntatore a NULL. A questo punto si cambia ramo e si continua nello steso modo. Quando si esauriscono i rami di un certo nodo si ritorna al nodo genitore e si cambia ramo. Questo procedimento porta all'esplorazione dell'albero nel senso della lunghezza. Viceversa la visita in "ampiezza" consiste nel visitare prima tutti i nodi che si trovano allo stesso livello, quindi passare al livello successivo.
Entrambi gli algoritmi risultano abbastanza complessi da implementare, a meno di non fare uso di tecniche ricorsive, che però risultano molto esigenti in termini di risorse di memoria, e possono risultare poco efficienti.

ALTRE STRUTTURE

L'idea alla base delle strutture dinamiche può essere estesa ulteriormente, fino alla creazione di strutture con forma e caratteristiche assolutamente arbitrarie. Una delle strutture più generiche che è possibile pensare è il **grafo.**
Un grafo (figura 7) è un insieme di nodi, collegati appunto in modo arbitrario (questa non è esattamente la definizione ufficiale, ma rende comunque l'idea…). Molte informazioni possono essere pensate come grafi: un insieme di città e le strade che le uniscono, l'insieme di relazioni tra un gruppo di persone, i circuiti elettrici, le relazioni tra un insieme di idee o concetti, le reti di telecomunicazioni, etc. Anche le liste e gli alberi si possono pensare come casi particolari di grafi.

Potere rappresentare e gestire questo tipo di dati può aprire la strada a moltissime applicazioni interessanti. Purtroppo però gli algoritmi di gestione dei grafi possono essere (nel caso generale) abbastanza pesanti da implementare ed eseguire. Il caso più semplice è quello in cui il numero di nodi è costante. In questo caso si può utilizzare una struttura identica a quella vista per gli alberi, con la differenza che i puntatori possono indicare elementi che si trovano in una posizione qualsiasi. Il numero di puntatori da utilizzare nella struttura è noto a priori, infatti al massimo possono esserci tanti collegamenti quanti sono i nodi (eventualmente meno uno).
Il problema principale nella gestione dei grafi è costituito dal fatto che quando ci si sposta da un nodo ad un altro per eseguire un algoritmo (calcoli, ricerche…) può capitare di rimanere bloccati in percorsi ciclici. Per evitare questo esistono diversi algoritmi più o meno complessi, uno dei quali consiste banalmente nel "ricordarsi" quali nodi o collegamenti si sono già visitati.

CONCLUSIONI

In questa puntata sono stati considerati soprattutto gli aspetti teorici legati all'implementazione delle strutture dinamiche in C, nella prossima invece considereremo gli aspetti pratici. Oltre ad alcune considerazioni "tecniche", verrà descritto dettagliatamente il codice C relativo all'implementazione delle liste, ed un'applicazione che ne farà uso.

Prima parte
introduzione

Seconda parte
il modulo di comando

Terza parte
Il booster,
il modulo di servizio ed
il software di controllo

Il sistema DCC

Avete un trenino relegato in cantina, perché è troppo difficile da manovrare? Se sì leggete questo tutorial e forse vi verrà voglia di rimetterlo in sesto e ridiventare bambini.

Controllare un sistema ferroviario in miniatura con estremo realismo è stato sempre il sogno di tutti gli appassionati di modellismo. Nel corso degli anni i produttori di materiale ferroviario hanno proposto varie soluzioni, ma nessuna ha mai incontrato il favore del popolo degli appassionati. Oggi la situazione è cambiata, con l'avvento della microelettronica, i metodi di controllo per i plastici ferroviari sono stati rivoluzionati.
In questa puntata affronteremo i vari aspetti di questo nuovi "sistemi digitali", e nelle prossime due puntate realizzeremo un sistema di controllo digitale economico.

LA STORIA

I sistemi di controllo per i plastici ferroviari si sono sempre basati su soluzioni "analogiche", semplici dal punto di vista hardware, ma estremamente macchinose dal punto di vista delle connessioni e delle manualità di comando.
Nel 1978 la società *ZIMO* introdusse un sistema di controllo digitale per le sue locomotive.
Questo fatto segnò l'inizio dell'era digitale. Da quel momento in poi, tutti i produttori cominciarono a proporre dei sistemi di controllo. Senza entrare nei dettagli dei vari sistemi, alla fine di questo periodo di sperimentazione (anni 90) si affermarono tre standard: *ZIMO, MOTOROLA-MARKLIN* e *NMRA-DCC.* Il mercato ha poi premiato maggiormente l'ultimo che, di fatto, è diventato lo standard di riferimento. Questa posizione di predominio è stata conquistata anche grazie all'intervento della *NATIONAL MODEL RAILROAD ASSOCIATION* (NMRA), un'organizzazione nata negli USA negli anni 50, che riunisce molti appassionati di ferro-modellismo. Tra i compiti fondamentali della NMRA c'è il rilascio degli standard per la costruzione ed il funzionamento dei sistemi ferroviari. Nel 1994 la NMRA rilasciò il primo standard (su proposta della casa costruttrice LENZ) per la produzione e il funzionamento dei sistemi digitali. Io standard venne chiamato *DIGITAL COMMAND CONTROL* (DCC). Esso definiva un protocollo di comunicazione a livello di binario, senza entrare nei dettagli costruttivi dei singoli elementi. I produttori di materiale ferroviario adottarono rapidamente questo standard al punto che oggi tutti quanti producono dei moduli compatibili. Prima di addentrarci nello studio dei vari dettagli vediamo le differenze tra i sistemi di controllo analogici e digitali.

I sistemi di controllo

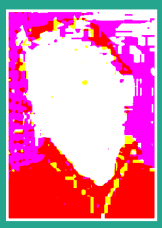
I sistemi di controllo per un plastico ferroviario sono principalmente due:

- Corrente Continua (DC)
- Digitale

Il metodo DC è quello classico. Il binario è percorso da una tensione continua, variabile in livello e polarità. Variando il livello di tensione si varia la velocità della locomotiva, invertendone la polarità si cambia la direzione di marcia.
È il sistema più semplice, ma ha due svantaggi:

- Livelli di tensione troppo bassi possono non

di Corrado D'Achille
wizgate@tiscali.it



introduzione

essere "sentiti" dai motori delle locomotive a causa della cattiva conduzione dei binari. In pratica il controllo della velocità e della direzione di marcia non è preciso.
- Le manovre di varie locomotive sono complicate, in quanto il binario va sezionato in maniera opportuna al fine di fornire alle varie tratte livelli e polarità di tensione diversi. Il cablaggio del plastico diventa complesso e le operazioni di controllo macchinose.

I problemi indicati sono facilmente superati da un sistema digitale. In questo caso il binario diventa una linea di trasmissione, dove circolano dei messaggi di controllo. Questi messaggi sono composti da un certo numero di byte che contengono le informazioni necessarie per comandare un determinato dispositivo.
I messaggi sono generati da una stazione di comando, che traduce i comandi manuali impartiti dall'utente in messaggi digitali, e ricevuti da dispositivi intelligenti (decoder) contenuti nelle locomotive e negli accessori (scambi, semafori, lampioni, ecc.).
Ogni decoder è identificato con un indirizzo univoco, e quindi esegue solo i messaggi che contengono il suo indirizzo. I vantaggi sono evidenti:

- Vengono completamente rimossi i problemi legati alla conduzione del binario, in quanto il livello della tensione presente sul binario, è costante e sempre al suo massimo valore.
- Nessun sezionamento è necessario in quanto i messaggi vengono utilizzati solo dal dispositivo a cui sono destinati.
- Essendo i decoder intelligenti è possibile dotarli di caratteristiche sofisticate circa il controllo delle loro funzioni (luci, suono, etc.) impossibili in un sistema DC.
- I decoder sono configurabili, ossia le loro caratteristiche di funzionamento possono essere modificate dall'utente in base alle sue esigenze. Ad esempio è possibile modificare la curva di decelerazione di un locomotiva oppure il tempo di lampeggio di un segnale semaforico.
- Il sistema può essere aggiornato facilmente, basta inserire il nuovo decoder e scegliere per lui un indirizzo non utilizzato.

Il sistema ha lo svantaggio di essere unidirezionale, cioè le informazioni possono essere trasmesse solo dalla stazione di comando ai decoder. Il feedback quindi è di tipo "umano", ma visti i vantaggi non mi sembra una gran limitazione. Detto questo vediamo la composizione di un sistema DCC.

COMPOSIZIONE DI UN SISTEMA DCC

In figura 1 potete vedere lo schema blocchi di un sistema DCC standard. In esso sono evidenziati i segnali principali che i vari moduli si scambiano. Le frecce sottili identificano segnali singoli, quelle piene gruppi di segnali. La suddivisione mostrata è quella standard, ma nei sistemi più evoluti potrebbero essere presenti altri blocchi (ad esempio interfacce con bus proprietari, oppure controlli aggiuntivi per le funzioni speciali).
La descrizione di ciascun blocco conterrà le informazioni minime per capirne il funzionamento, e alcune informazioni aggiuntive riguardo la sua costituzione fisica.

L'alimentatore

Questo modulo non ha particolari requisiti a parte quelli legati alla potenza impegnata. In genere gli alimentatori sono abbastanza semplici e contengono solo il minimo delle protezioni

necessarie per un funzionamento sicuro.

La stazione di comando

La STAZIONE di COMANDO svolge il ruolo di interfaccia con l'utente e generazione del segnale DCC. In genere è composta da un modulo fisso e da un pannello di comando. Il modulo fisso contiene la scheda a microprocessore e le parti di interfaccia con gli altri moduli. Il pannello di controllo è composto da una tastiera per i vari parametri, da uno o più controlli per le locomotive, da vari tasti per le funzioni speciali e da un display per verificare lo stato del sistema. Questa unità di comando è di tipo stand-alone cioè può funzionare senza aggiungere altro. Comunque oggi si stanno affermando anche delle unità che hanno bisogno di un PC per funzionare. Queste unità sono solo delle interfacce che trasformano i messaggi inviati dal PC (tramite la porta seriale, la porta parallela o quella USB) in segnali digitali. In questo caso il programma di controllo e l'interfaccia utente (Il pannello di comando) è residente sul PC. Sono diffuse soprattutto a livello hobbistico a causa della loro semplicità.

Il BOOSTER

Il BOOSTER è l'unita' di potenza. Esso riceve in ingresso i segnali provenienti dalla stazione di comando e li combina con il segnale di potenza proveniente dall'alimentatore. Il risultato di questa operazione è il nostro segnale DCC, pronto per essere inviato al binario. Il booster contiene delle sezioni per la verifica dello stato del binario, in termini di corrente assorbita. Queste sezioni

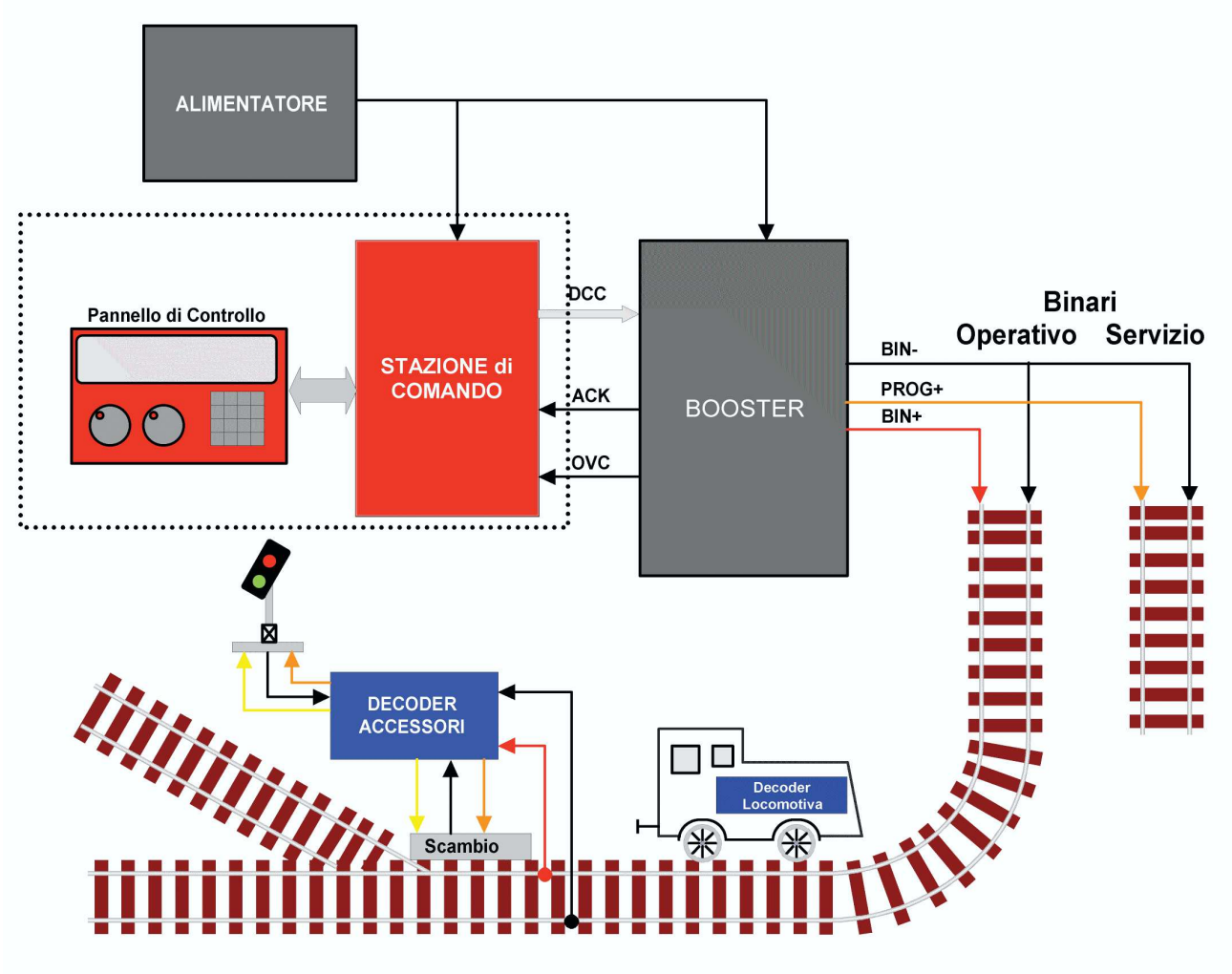


Figura 1 Schema a blocchi di un sistema DCC

oltre a proteggere il sistema da sovraccarichi e cortocircuiti, vengono utilizzate anche durante la programmazione dei decoder, per verificare l'esito della programmazione (questo aspetto verrà visto nella sezione dedicata ai decoder).

I Decoder Mobili

Sono i decoder contenuti nelle locomotive. Ne esistono di due tipi: quelli per il controllo del movimento e quelli per il controllo delle funzioni accessorie. I primi sono dedicati al controllo del motore e dei fanali delle locomotive, i secondi controllano le funzioni accessorie, ad esempio il suono o le luci nei vagoni. Gli schemi a blocchi di questi decoder sono mostrati nelle figure 2a e 2b. Tutti i decoder offrono la possibilità di essere configurati in base alle esigenze dell'utente. Ad esempio, nel caso dei decoder di movimento, è possibile modificare il numero di passi della velocità, oppure la curva di decelerazione. Questa funzionalità è resa possibile dal fatto che all'interno del decoder sono presenti delle memorie non volatili organizzate per celle. Ad ogni cella (detta *Configuration Variable* o CV) corrisponde una caratteristica del decoder. Anche qui interviene lo standard NMRA assegnando ad ogni cella un determinato indirizzo e significato.
Altro aspetto interessante dei decoder per le locomotive è il metodo di controllo della velocità del motore. Il principio di funzionamento è quello PWM, ossia il motore viene alimentato con una onda quadra con periodo costante, ma con duty-cycle variabile. In questo modo la velocità del motore è direttamente proporzionale al duty-cycle dell'onda. Il duty-cycle può variare secondo rapporti fissi, definiti all'interno di particolari CV. Questo consente di avere un controllo più o meno fine della velocità della locomotiva. Attualmente lo standard definisce valori di 14, 28 o 128 passi di velocità. Il meccanismo PWM consente inoltre di diminuire la potenza dissipata dai circuiti di controllo e di semplificare la progettazione sia hardware che software del decoder. I decoder di nuova generazione hanno inoltre la possibilità di mantenere la velocità costante, grazie ad un meccanismo di retroazione (detto BACK-EMF). Questo sistema consente di mantenere la velocità desiderata durante il superamento di forti pendenze e con convogli costituiti da molti vagoni. Il decoder di movimento gestisce anche la fanaleria della locomotiva. In questo caso l'utente può decidere se accendere o spegnere i fanali, mentre il decoder selezionerà i fanali di testa o di coda della locomotiva in base alla direzione di marcia. Nelle scale più grandi (TT, HO) è inoltre possibile avere altri accessori come: generatori di suono, generatori di vapore oppure meccanismi di sgancio dei vagoni.Quest'ultima funzionalità risolve un particolare problema dei sistemi DC. In un sistema DC per sganciare un vagone da un convoglio, si doveva portare il convoglio su un particolare binario, dotato di un meccanismo di sgancio, azionare il meccanismo a mano e poi rimettere in moto il convoglio. Con il nuovo sistema il vagone può essere sganciato in qualunque punto del tracciato senza creare particolari "ingorghi" in prossimità delle stazioni.
Queste funzioni accessorie sono gestite dai deco-

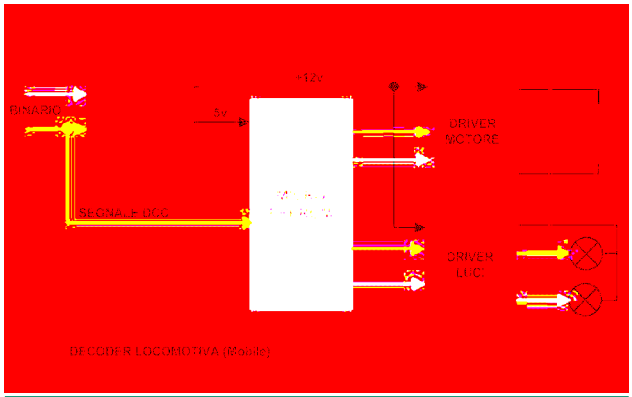


Figura 2a *Schema a blocchi di un decoder mobile per locomotive*

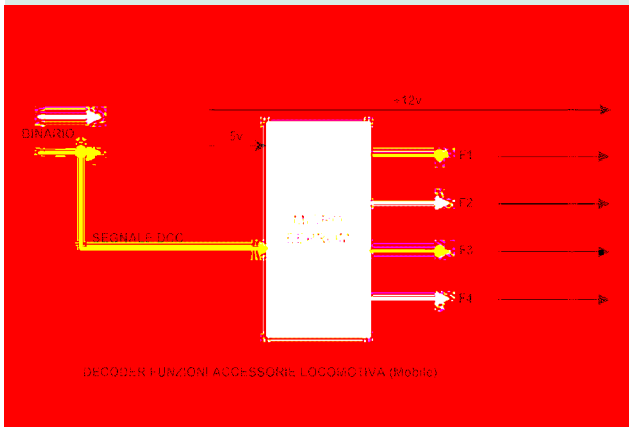


Figura 2b *Schema a blocchi di un decoder mobile per funzioni accessorie*

der del secondo tipo. Questi decoder sono del tutto simili a quelli per il movimento ma non hanno la sezione di controllo per il motore.

I decoder fissi

I decoder FISSI sono utilizzati per controllare tutti i meccanismi legati alla movimentazione del binario (ad esempio gli scambi o le piattaforme rotative), le segnalazioni luminose (semafori o luci di emergenza), le luci per l'illuminazione (lampioni) e altro. Ogni decoder è costituito da un gruppo di moduli funzione, indirizzabili singolarmente. Ogni modulo può generare sia segnali impulsivi che bistabili. Nel caso del segnale impulsivo, la sua durata è programmabile (sempre tramite una particolare CV) e può variare da pochi millesimi di secondo ad alcuni secondi. Questa modalità è utile per il controllo degli scambi o delle piattaforme rotative, che in genere necessitano di un segnale impulsivo della durata di qualche decimo di secondo per essere azionati. La modalità bistabile invece serve per controllare dispositivi tipo lampioni. Lo schema a blocchi di un DECODER fisso è mostrato in figura 3. Nella realtà, i moduli di uscita (A1, A2,...) sono accoppiati a due a due e questo per consentire il controllo degli scambi (che ovviamente hanno due posizioni e quindi un doppio meccanismo di attivazione).

Il protocollo

Come vi ho anticipato lo standard NMRA definisce una serie di regole per il funzionamento dei sistemi DCC. Le regole sono suddivise in tre gruppi: Elettriche, Logiche e meccaniche.

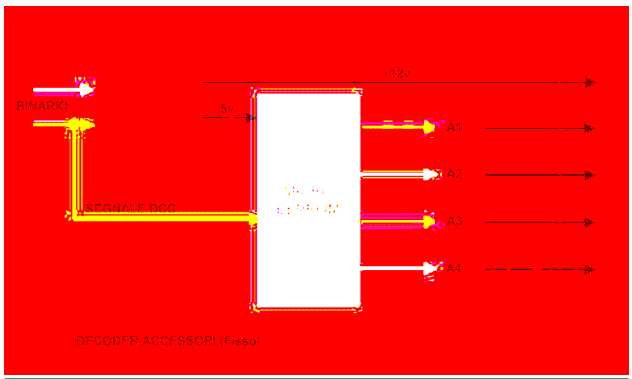


Figura 3 *Schema a blocchi di un decoder fisso*

Le regole elettriche e logiche sono "obbligatorie", nel senso che chiunque voglia costruire un dispositivo DCC deve per forza rispettarle. Quelle meccaniche invece sono in un certo senso a discrezione del costruttore. In questo caso lo standard suggerisce delle linee guida, lasciando al costruttore la libertà di migliorarle o di non seguirle affatto.
La documentazione completa sullo standard è disponibile nel sito della NMRA (www.nmra.org). I documenti sono identificati con due tipi di prefisso: S (iniziale della parola Standard) definisce un documento di standard, mentre RP (iniziali di Recommended Practices) definisce le regole raccomandate. Devo dire che con il passare degli anni molte delle regole raccomandate stanno diventando "obbligatorie". Adesso vediamo i tre aspetti del protocollo, limitando la descrizione alle caratteristiche generali.

Il protocollo elettrico

Il segnale DCC, la cui forma è mostrata in figura 4, è composto da due onde quadre simmetriche. Ogni rotaia riceve una di queste onde. In pratica si tratta di un segnale bilanciato con duty-cycle pari al 50% ma con periodo variabile in funzione del bit che si vuole trasmettere. Il bit uno ha un periodo di 116us mentre lo zero ha durata esattamente doppia. Lo zero, comunque, ha requisiti meno stringenti dello uno in quanto i suoi semiperiodi possono essere molto diversi tra di loro. L'importante è che entrambi siano maggiori di 100us. L'ampiezza del segnale da picco a picco può variare da 14 a 44 volt. Il livello della tensione dipende dal tipo di scala adottato, in genere

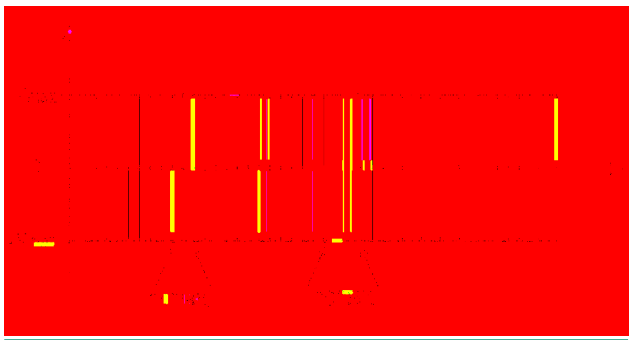


Figura 4 *Il segnale DCC*

CMOS

CMOS

CCD B/N

CCD
a colori

un segnale con ampiezza di 30volt da picco a picco può andar bene per ogni tipo di scala.
Il fatto che il bit 0 possa avere semiperiodi diversi, consente di sovrapporre una componente continua al segnale alternato, semplicemente allungando la prima o la seconda parte di uno qualunque degli zeri del messaggio (ad esempio l'ultimo).
Questa deformazione varia il valore medio dell'onda e quindi la sua componente continua. Questa caratteristica consente di controllare quelle locomotive che non possono essere digitalizzate. Grazie a questo "formato elettrico" Il segnale trasporta due informazioni:

- L'informazione di potenza, che serve per alimentare i decoder e viene ottenuta raddrizzando e filtrando il segnale.
- L'informazione digitale che viene estratta dal decoder, esaminando il periodo di ciascuna semionda.

I dettagli sul protocollo elettrico sono descritti nel documento NMRA S-9.1 DCC Electrical standard.

Il protocollo di comunicazione e i formati dei messaggi

Il messaggio DCC (in gergo viene detto "pacchetto") è composto da una flusso di bit così organizzati:

Figura 5 Formato di un messaggio DCC

- Un preambolo (PREAMBLE) composto di almeno 11 bit a 1. Che serve a sincronizzare i decoder.
- Due o più byte di dati che contengono l'informazione per il decoder da controllare.
- Un byte di controllo (CHECKSUM) che contiene l'or esclusivo di tutti i byte di dati. Questo byte consente ai decoder di verificare la correttezza del messaggio ricevuto.

I byte sono separati da un bit a Zero e il messaggio viene chiuso da un bit a uno. In figura 5 potete vedere il formato generale di un messaggio.
I byte di dato contengono l'indirizzo e i valori di controllo. Il formato di questi byte dipende dal tipo di decoder che si vuole controllare. In generale il primo byte contiene l'indirizzo o parte di esso, mentre il secondo contiene i valori di controllo (e la restante parte dell'indirizzo).
I formati più usati sono quelli per il controllo delle locomotive e degli accessori. Questi messaggi sono costituiti da tre byte di cui il primo contiene l'indirizzo, il secondo i bit di control-

DECODER	Byte 1	Byte 2	Decodifica	Note
Locomotiva con indirizzo a 7 bit.	0AAAAAAA	01DLVVVV	A = indirizzo D = Direzione (1=Avanti, 0=indietro) L = Luci (1=Accese, 0=Spente) V = Velocità	Formato per il controllo di una locomotiva con 14 passi di velocità. Il valore 1 della velocità, è usato come stop di emergenza. Quando il decoder riceve questo valore, ferma immediatamente la locomotiva.
Funzioni Accessorie della Locomotiva con indirizzo a 7 bit.	0AAAAAAA	100FFFFF	F = Funzione (1=Attiva, 0=Inattiva)	Il bit 4 controlla sempre le luci.
Accessori Fissi con indirizzo su 9 bit.	1AAAAAAA	1AAASPPP	S = Stato (1=Attivo, 0=Inattivo) P = indirizzo del modulo funzione.	I bit AAA contenuti nel Byte 2 sono in complemento a 2.

Tabella 1 Formato dei pacchetti standard

lo e il terzo la checksum. Nella tabella 1 trovate il loro dettaglio con il significato dei vari bit. Per brevità nella tabella sono stati indicati solo i formati dei byte di dato, omettendo il preambolo, i bit di separazione tra i dati e la checksum.

Come avrete notato, nel caso degli accessori fissi, il primo byte ha il bit più significativo a 1 e 3 bit di indirizzo sono inseriti nel secondo byte.

Questa codifica introduce un'altra caratteristica dello standard: la partizione degli indirizzi.
Per distinguere i vari messaggi, e per offrire ampie possibilità di sviluppi futuri, L'NMRA ha fissato una partizione degli indirizzi. In questo modo con pochi bit è possibile indirizzare un numero enorme di dispositivi. Inoltre, avendo concentrato il significato maggiore dell'indirizzo nel primo byte (che in gergo viene chiamato

Indirizzo	Funzione	Descrizione
0	Messaggio broadcast	Riservato ai messaggi broadcast. Viene riconosciuto ed eseguito da tutti i decoder . Un messaggio broadcast importante è il RESET (con i due byte di dato a 0) che mette tutti i decoder nel loro stato iniziale.
1-127	Decoder Multi funzione con 7 bit di indirizzo	Riservati alle locomotive con indirizzo standard.
128-191	Decoder per accessori con 9 o 11 bit di indirizzo	Riservati agli accessori fissi. L'indirizzo è suddiviso tra i due byte dati del messaggio
192-231	Decoder Multi Funzione con 14 bit di indirizzo	Riservati alle locomotive con indirizzo esteso. L'indirizzo è suddiviso tra i due byte dati del messaggio.
232-254	Riservati per usi futuri	-
255	IDLE	Indirizzo del messaggio broadcast IDLE. Il messaggio viene eseguito da tutti i decoder, ma non modifica lo stato del sistema.

Tabella 2 *Partizione degli indirizzi*

Indirizzo CV	Significato	Range	Note
1	Indirizzo primario locomotiva	1-127	Spesso il limite superiore è fissato a 112.
2	Tensione di partenza del motore	0-255	Il motore della locomotiva viene avviato solo quando viene superata una determinata soglia di tensione.
3	Curva di accelerazione	0-255	
4	Curva di decelerazione	0-255	
7	Versione del decoder	0-255	Il formato di questo byte è definitodal costruttore del decoder.
8	Identificativo del costruttore del decoder	0-255	La NMRA assegna ad ogni costruttore un identificativo.
29	Configurazione del decoder	Non definito	Dipende dalle funzioni accessorie implementate nel decoder.

Tabella 3 *Elenco delle CV standard per i decoder delle locomotive*

"SHORT ADDRESS"), il decoder può capire se il messaggio può riguardarlo, semplicemente verificando il contenuto di questo byte. In tabella 2 potete trovare tutta la mappa degli indirizzi.

I dettagli sul protocollo di comunicazione sono descritti nei documenti *NMRA S-9.2 DCC Electrical standard* e *RP-9.2.1 DCC Extended Packet Format.*

L'altro aspetto che possiamo associare al protocollo di comunicazione è quello della configurazione dei decoder. In questo caso lo standard impone una precisa topologia e formato delle variabili di configurazione. Per ogni variabile lo standard impone un indirizzo e un formato. In particolare la presenza o meno di determinate variabili e definita come: "Mandatory" se obbligatorie, "Recommended" se non obbligatorie ma fortemente consigliate, "Optional" se non necessarie ma consigliate. Il significato e il formato di queste variabili è associato anche al tipo di decoder. La tendenza generale, comunque" è quella di utilizzare indirizzi diversi, per le variabili con lo stesso significato, a seconda del tipo di decoder. Nelle tabelle 3 e 4 trovate un elenco delle CV standard.

Il protocollo meccanico

Per protocollo meccanico, si intende l'insieme delle regole "suggerite" per la costruzione fisica dei decoder.
In questo caso le regole riguardano: i colori dei fili di connessione dei decoder e la topologia dei connettori (se presenti) sui moduli DCC. In alcuni documenti di appendice della NMRA si trovano anche dettagli sui formati fisici dei moduli e alcune considerazioni sulla disposizione dei moduli nelle locomotive e negli accessori. Ma si tratta solo dei risultati del lavoro di alcuni gruppi di studio.

Le modalità di funzionamento

Per assolvere a tutti i suoi compiti in modo sicuro, lo standard impone due modalità di funzionamento: quella operativa e quella di servizio.
La modalità operativa è quella in cui il sistema viene fatto "correre" cioè l'utente comanda tutti i dispositivi presenti sul plastico.
La modalità di servizio è invece associata alla configurazione dei decoder.
L'entrata e l'uscita da una modalità all'altra è regolata da precise sequenze di messaggi e da precisi indirizzi e formati dei dati.

La modalità operativa

All'accensione del nostro sistema e dopo aver configurato opportunamente indirizzi e parametri di controllo tramite la centrale di comando, viene eseguita la sequenza di power-up. Durante questa sequenza vengono inviati almeno 20 di messaggi di RESET seguiti da almeno 10 messaggi di IDLE che servono per mettere il sistema in uno stato conosciuto. Da questo momento in poi la centrale di comando comincia ad inviare i pacchetti DCC. La frequenza di invio dei pacchetti è in genere di 50Hz, ossia un pacchetto ogni 20msec. I pacchetti vengono prelevati da una particolare struttura dati, interna alla stazione di comando, detta "COMMAND TABLE". Ogni elemento di questa struttura contiene le informazioni relative ad un particolare decoder. La struttura viene aggiornata ogni qual volta l'utente modifica un controllo sul pannello di comando. I dati vengono prelevati in ordine progressivo e quando viene raggiunta la fine della struttura si ricomincia con il primo elemento.
Il motivo dell'utilizzo di questo meccanismo di invio a rotazione, è dovuto al fatto che non esistendo pacchetti di risposta, la stazione di comando non sa se il comando inviato è stato ricevuto ed eseguito correttamente. Il sistema, non è sicuramente dei più efficienti, ma ci garantisce una certa sicurezza di funzionamento e poi viste le velocità in gioco un certo ritardo sull'esecuzione del comando non crea grossi problemi. Ad esempio se il vostro sistema contiene 50 decoder (beati voi...) ognuno di essi riceverà un comando ogni secondo. I valori che ho indicato sono raccomandati ma non richiesti. In realtà lo standard impone che tra due pacchetti ci sia un intervallo di almeno 5msec, per dar modo al decoder di verificare ed esegui-

re il comando.
In ogni caso, il periodo massimo tra due pacchetti non dovrebbe superare i 30msec., e questo perché molti decoder hanno la possibilità di funzionare anche in corrente continua. Questa modalità di conversione automatica tra digitale e continua scatta se il decoder non riceve pacchetti (di qualunque tipo) per almeno 30msec (in realtà alcuni decoder attendono 50msec o più prima di passare al funzionamento in modalità continua).

La modalità di servizio

Il meccanismo di programmazione consente di modificare i parametri caratteristici dei decoder, in modo da farli rispondere ai comandi in maniera differente.
Ogni decoder contiene una tabella di parametri di configurazione. Questa tabella è contenuta in una memoria non volatile (EEPROM o FLASH) e i valori contenuti in ognuna delle celle possono essere modificati o verificati attraverso l'invio di pacchetti contenenti l'indirizzo della cella e il valore.
La sequenza di programmazione dipende dalla modalità di indicizzazione della cella e dal tipo di operazione che si vuole effettuare (modifica o verifica di byte o di bit).
A causa del fatto, che i pacchetti di programmazione non tengono conto dell'indirizzo del decoder di destinazione, e quindi, nel caso di più locomotive poste sul binario tutte verrebbero programmate con lo stesso valore, nei sistemi DCC esiste un tratto di binario isolato dal resto del tracciato e collegato ad una uscita separata del booster. Durante le operazioni di programmazione le uscite operative del booster vengono spente e il segnale DCC viene inviato al binario di programmazione, ove l'utente avrà posizionato la locomotiva da programmare.
Un discorso a parte meritano i decoder fissi. Scollegare questi dispositivi dal binario potrebbe essere difficoltoso, quindi le case costruttrici, adottano i sistemi più disparati per programmarli. Ad esempio ingressi di programmazione separati, oppure interruttori che consentono di selezionare la modalità di funzionamento, oppure meccanismi di programmazione manuale tramite dip-switch e pulsanti.
A prescindere dal decoder da programmare, la sequenza di programmazione si evolve nello stesso modo di quella operativa solo che al posto dei messaggi di controllo vengono inviati del messaggi di programmazione. Al termine dell'invio dei messaggi, se tutto è andato bene, il decoder sotto programmazione emette un segnale di acknowledge, che consiste nell'aumento dell'assorbimento di corrente (in genere 60ma per almeno 5msec). Questo aumento viene "sentito" dal booster che lo comunica alla stazione di comando con conseguente segnalazione di "programmazione eseguita" verso l'utente. Questo meccanismo di acknowledge si rivela molto utile nel caso in cui abbiamo dei decoder di cui non conosciamo l'indirizzo. In questo caso la centrale di comando con una scansione delle variabili di configurazione degli indirizzi e verificando lo stato del binario riesce a trovare l'indirizzo sconosciuto grazie al segnale di acknowledge.
Lo standard DCC prevede quattro metodi di programmazione per le variabili di configurazione, ma in genere tutte le case costruttrici ne implementano non più di due nei loro decoder. La differenza tra i vari metodi è legata solo al modo di indirizzare la variabile di configurazione da programmare. Nella tabella 5 trovate una sequenza di programmazione tipica. Nella tabella sono elencati, in sequenza, il tipo di messaggio inviato e le ripetizioni per ciascun messaggio.

I prodotti commerciali e l'auto-costruzione

Il mercato oggi offre molti dispositivi DCC. Tutto dipende dall'uso e dagli accessori (fissi o mobili) che vogliamo inserire nel nostro sistema.
Se siamo dei modellisti della domenica allora è sufficiente un dispositivo tipo ROCO LOKMAUS 2. È un prodotto a basso costo che fornisce tutte le funzioni di base. Se invece abbiamo delle necessità più serie allora dobbiamo orientarci verso sistemi tipo L'INTELLIBOX di UHLENBROCK.

È una centrale multi-protocollo con display alfanumerico, tastiera e manopole di controllo. È molto facile da usare ed ha molte possibilità di espansione e aggiornamento. Il costo è abbastanza elevato, ma viste le prestazioni vale la spesa. Comunque tutti i costruttori si stanno orientando verso politiche per la produzione di sistemi "entry-level", economici e con funzionalità limitate, ma con ampie possibilità di espansione.
Stesso discorso vale per i decoder, ne esistono di vari tipi da quelli da pochi euro con le funzioni di controllo minime a quelli che costano diverse centinaia di euro che offrono anche il controllo del suono. Molti decoder, inoltre, hanno la possibilità di rispondere a più protocolli (ad esempio NMRA-DCC e FLEISCHMANN-FMZ) Se fate un giretto su Internet, rimarrete impressionati dall'offerta commerciale attuale.

l'auto costruzione

In generale con tutti i mezzi messi a disposizione da Internet e visto che tutto sommato ognuno di noi ha a disposizione un computer è possibile costruire qualcosa in casa.

Indirizzo CV	Significato	Range	Note
513	Indirizzo decoder (parte bassa)	0-63	Questo valore definisce il contenuto dei bit 0-5 dell'indirizzo.
514	Attivazione ausiliaria	0-255	Definisce la possibilità di attivare le uscite del decoder con un controllo manuale (ad esempio un pulsante posto sul decoder).
515-518	Durata del segnale di uscita	0-225	Definisce la modalità e la durata dei segnali in uscita dal decoder. Il valore 0 configura l'uscita come bistabile. Gli altri valori configurano l'uscita come impulsiva. In genere il passo è fissato a 10msec. (10 = 100msec). Ogni variabile configura due uscite del decoder secondo la seguente tabella: 515 – U1, U2 516 – U3, U4 517 – U5, U6 518 – U7, U8.
519	Versione del decoder	0-255	Il formato di questo byte è definito dal costruttore del decoder.
520	Identificativo del costruttore del decoder	0-255	La NMRA assegna ad ogni costruttore un identificativo.
521	Indirizzo del decoder (parte alta)	0-7	Definisce il valore dei bit 6-8 dell'indirizzo.
541	Configurazione del decoder	Non definito	Dipende dalle funzioni implementate dal decoder.

Tabella 4 Elenco delle CV standard per i decoder degli accessori fissi

La centrale di comando, il booster e l'alimentatore non costituiscono una grande difficoltà e tutto sommato anche il software di gestione (vista la semplicità del protocollo) non è un ostacolo insormontabile.
Il problema semmai sono i decoder. Per le scale grandi (HO, TT) non ci sono problemi, nelle locomotive c'è abbastanza spazio per inserire un decoder auto-costruito. Viceversa nelle scale più piccole (N e Z) le operazioni diventano più difficili.
In queste scale (vi ricordo che stiamo parlando di fattori di riduzione pari 1:160 e 1:220 con locomotive lunghe 10cm e larghe non più di 2cm) auto-costruire vuol dire ricorrere a moduli a montaggio superficiale e che comunque hanno grossi problemi di smaltimento del calore visto gli angusti spazi di alloggiamento. Smaltire il calore vuol dire progettare un accurato sistema di controllo della temperatura di esercizio usando componenti elettronici costosi e poco diffusi. Detto questo forse conviene investire il nostro denaro in buoni decoder e costruire in casa il resto.
Personalmente, visto che preferisco la scala N, mi sono orientato verso questa soluzione costruendo un sistema di controllo basato sull'utilizzo di un PC e acquistando dei decoder commerciali con le funzioni di base.

Il costo

A questo punto è doveroso porci una domanda, quanto può costare un sistema del genere?
Il costo ovviamente dipende da molti fattori. Innanzitutto dipende dal tipologia del plastico e dagli accessori fissi o mobili presenti. In generale assumendo di avere: 4 locomotive, 6 scambi e alcune luci, il costo dovrebbe aggirarsi sui 700euro per un sistema commerciale e sui 350euro per un sistema fatto in casa. Queste cifre sono state calcolate considerando un prezzo medio per i decoder di 45 Euro.
Se ci facciamo qualche concessione possiamo risparmiare qualcosa. Nel senso che i decoder fissi, tutto sommato, non sono strettamente necessari. In fin dei conti per controllare scambi e luci bastano degli interruttori e un po' di fili e se il nostro plastico ha dimensioni medie i cablaggi non sono impossibili.
Riassumendo, per far funzionare in digitale un plastico è meglio acquistare i decoder per le locomotive ma sul resto abbiamo ampie possibilità di scelta.

CONCLUSIONI

Bene per ora credo di aver detto abbastanza (forse anche troppo). Per maggiori dettagli sul protocollo, sui formati dei messaggi e sugli aspetti elettrici e meccanici, vi consiglio di visitare il sito della NMRA (www.nmra.org). In particolare vi consiglio di soffermarvi sugli aspetti legati alla programmazione dei decoder, importanti per dare al nostro plastico, un impronta personale circa il suo funzionamento.
Per qualunque dubbio, comunque, non esitate a contattarmi.
In attesa dei vostri commenti vi rimando alla prossima puntata dove tratteremo la costruzione del modulo di comando.

Passo	Descrizione	Pacchetti Inviati	Ripetizioni	Note
1	Power On	Reset Idle	20 10	
2	Sequenza di apertura del ciclo.	Reset	>= 3	
3	Operazione di programmazione	Programmazione	>= 5	Il numero di bit del preambolo e aumentata a 20.
4	Sequenza di chiusura del ciclo	Reset	>= 6	Questo passo è necessaria solo dopo un operazione di scrittura.

Tabella 5 *Sequenza di programmazione nella modalità diretta (RP.9.2.3)*

Introduzione alle architetture

In questo articolo tratteremo una breve introduzione al modello di programmazione delle architetture progettate da ARM Ltd., società che non produce processori, ma progetta e vende la proprietà intellettuale delle architetture progettate. Prendiamo come riferimento tre versioni principali di architettura ARM 5, 7 e 9, il dettaglio con cui si affrontano determinati argomenti sarà comunque tale da dare una visione generale così da evitare particolari troppo specifici e coinvolgere anche coloro che hanno poca familiarità con l'argomento microcontrollori.

ARM produce molti tipi di architetture e molti modelli di processori per architettura, quindi in questo articolo si terrà una trattazione generale che potrà fare da guida e illuminarci quando si affronta questa estesa famiglia di processori.

Iniziamo dicendo che ARM è un acronimo che per esteso recita "**A**dvanced **R**ISC **M**achines", i processori ARM sono principalmente microprocessori per il controllo di processo, tra i più diffusi attualmente, in quanto pienamente utilizzati dall'industria dell'embedding. Tali architetture sono molto diffuse nella vita di tutti i giorni e nei dispositivi che utilizziamo quotidianamente, tanto da non saperne nemmeno l'esistenza. Alcuni esempi sono l'utilizzo di ARM9 nei telefonini *Nokia* della "serie 60" oppure in molti palmari dove troviamo l'architettura *StrongARM.*

Quando si programma un processore si può utilizzare il linguaggio assemblativo messo a disposizione dalla stessa casa produttrice oppure un linguaggio di alto livello come il C; se abbiamo processori RISC (**R**educed **I**nstruction **S**et **C**omputer) finalizzati a sistemi di calcolo complessi e sistemi operativi come Windows, Unix, Linux ecc., diventano fondamentali i compilatori in quanto è impossibile programmare un processore attuale "a mano", soprattutto nel caso di processori RISC che sono macchine estremamente performanti dove si sfrutta al massimo il microparallelismo e dove si richiede che le istruzioni siano "confezionate" in modo molto particolare, difficilmente ottenibile "a mano".
Un processore RISC moderno ha una spiccata propensione al parallelismo attraverso sistemi a pipeline, sia sulla struttura di programma, sia sulla struttura dati; grazie alla quale si tenta di lavorare il più possibile in parallelo. In questo modo si cerca di prevedere a livello di architettura le

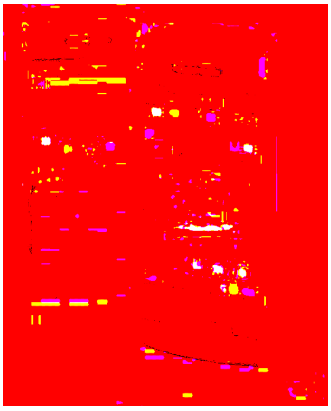
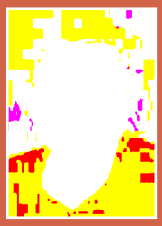


Figura 1 Sony Ericsson P900 (ARM9 core)

di Enrico Raffone
enrico.raffone@tin.it



ARM

operazioni da eseguire a breve nel flusso di elaborazione e soprattutto i "salti" che il processore dovrà effettuare.
La possibilità di gestire efficacemente il tutto può essere sfruttata solo attraverso compilatori (smart compiler), nati per la specifica architettura. I compilatori che si occupano di tutta la serie di ottimizzazioni molto specifiche forniscono un codice oggetto che è ben predisposto a lavorare in simultanea sul tipo di parallelismo che il processore mette a disposizione.
Questo fa sì che la parte di back-end dei compilatori sia fortemente specializzata sul processore e per conseguenza non esiste un compilatore universale che possa andare incontro a tutti i processori, a meno di ricorrere a macchine virtuali a stack, che facciano da interpreti di basso livello (il più celebre esempio è la JVM).

Figura 2 *12 fondatori di ARM*

Tornando ai processori ARM di cui ci interessiamo, pur essendo RISC abbiamo la possibilità di portare avanti una programmazione a livello assembler dovendo far fronte principalmente al parallelismo a livello di caricamento della prossima istruzione da eseguire (prefetch).
Grazie a tale parallelismo, il processore è in grado, mentre sta lavorando su di una prima istruzione i, di prelevare anticipatamente per la prossima decodifica ed esecuzione anche due istruzioni successive. Il fatto di dover gestire principalmente il livello di parallelismo del solo prefetch ha fatto sì da consentire anche una programmazione assemblativa, quindi ci interessiamo del modello di programmazione e delle caratteristiche delle architetture che bisogna conoscere per poter programmare in linguaggio assembler.

ARM: CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Formato dei dati

Parleremo impropriamente in questa sezione e nelle altre, per facilità di esposizione, di un processore ARM. Si lascia comunque al gentile lettore la possibilità di approfondire i particolari attraverso i link posti nella sezione Riferimenti.
I processori considerati della ARM Ltd. sono processori a 32 bit in grado di manipolare dati da 8 bit (byte), 16 bit (halfword) e naturalmente 32 bit (word) come è possibile vedere in Tabella 1.

Byte	Byte	Byte	Byte	4 x 8 bit
Halfword		Halfword		2 x 16 bit allineati a 2 byte
Word				1 x 32 bit allineato a 4 byte

Tabella 1 *Tipi di dati*

La memoria è vista come una sequenza di byte e l'organizzazione in parole da 32 bit o mezze parole da 16 è di default di tipo little-endian ma può essere impostata anche big-endian. L'architettura è basata su 37 registri di interi a 32 bit visibili 16 per volta in base allo stato di processazione; il prefetch è realizzato attraverso una pipeline a 3 stadi, con cache a seconda del modello, Von Neumann-type bus structure (ARM v7), Harvard (ARM v9).

ARM Timeline

Presentiamo un estratto della storia di questa azienda dalle prime esperienze con i processori RISC ad oggi:

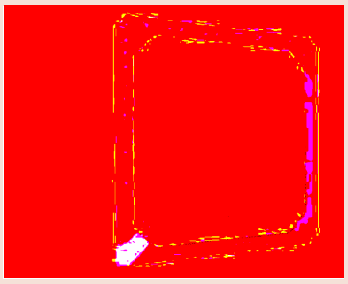


Figura 3 Un processore che utilizza architettura ARM v5TE

1985 Acorn Computer Group sviluppa il primo processore RISC commerciale del mondo.

1987 Il processore ARM della Acorn debutta come il primo processore RISC per PC a basso costo.

1990 Advanced RISC Machines (ARM) protrae gli sforzi di collaborazione di Acorn e Apple Computer con un accordo per creare un nuovo standard per microprocessori.
VLSI Technology diviene un investitore ed il primo concessionario.

1991 ARM introduce il suo primo core RISC per sistemi embedded, ARM6™.

1993 Nippon Investment and Finance (NIF) diviene il quarto investitore. ARM presenta il core ARM7™.

1994 ARM apre sedi in Los Gatos, (USA) e Tokyo, (Japan).
ARM introduce il "system-chip" ARM7500™ per applicazioni multimediali.

1995 L'architettura ARM Thumb® fornisce le performances di un RISC a 32-bit con un sistema a 16-bit.
ARM apre una sede a Monaco (Germania).
ARM lancia Software Development Toolkit, ambiente di sviluppo per i processori ARM.
Il primo core StrongARM™ da Digital Semiconductor e ARM.
ARM allarga la famiglia dei processori con ARM8™.
ARM lancia ARM7100™ "PDA-on-a-chip".

1996 ARM e VLSI Technology introducono il microprocessore ARM810™.
ARM annuncia ARM7500FE™ "system-chip" per il Network Computer.
ARM introduce "Piccolo", l'architettura signal processing di ARM.
ARM e Microsoft lavorano insieme per estendere Windows CE all'architettura ARM.

1997 ARM e Sun offrono supporto diretto per JavaOS per l'architettura RISC di ARM.
ARM introduce soluzioni per high-performance, embedded software modem.
ARM apre sedi in Austin (USA), Seoul (Korea) e Maidenhead (UK).
Viene annunciata la famiglia ARM9TDMI™.

1998 ARM introduce le soluzioni ARM910™ and ARM920™ per applicazioni Windows CE.
ARM apre uffici in Westborough (USA), Seattle (USA) e Parigi (Francia).
ARM annuncia la famiglia di processori ARM10™ Thumb.
ARM fonda un consorzio per Windows CE.

1999 ARM introduce le periferiche PrimeCell®.
ARM collabora con Ericsson per la tecnologia Bluetooth.
ARM lavora con Microsoft per ottimizzare Windows Media Audio.
ARM introduce soluzioni MP3 e Dolby Digital Software.

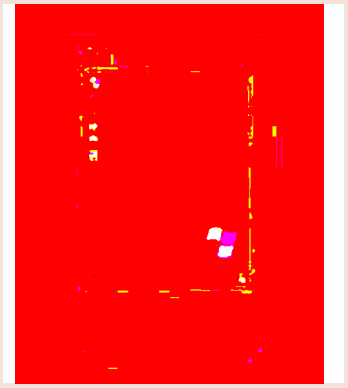


Figura 4 HP iPAQ Pocket PC h4150 basato su architettura ARM

2000 ARM lancia la famiglia SecurCore™ per smartcards.
ARM introduce la tecnologia Jazelle™ per applicazioni Java™.
ARM introduce ARM922T™ core.
2001 ARM annuncia la nuova architettura ARMv6.
ARM annuncia i coprocessori vector floating-point ARM VFP9-S™ e ARM VFP10™
2002 ARM annuncia la vendita di più di 1 miliardo di processori con architettura ARM.
La partnership con Sun permette ad ARM di ottimizzare la tecnologia Jazelle per la piattaforma Sun Java Card.
ARM annuncia che più di 25 Partners supporteranno e contribuiranno alla nuova architettura per bus AMBA 3.0.
2003 Rilasciato AMBA 3.0 (AXI).
Annuncio tecnologia Thumb-2.

Modalità di Funzionamento

Le modalità di funzionamento in ARM sono 7 come descritto in Tabella 2.
Ogni modo indica lo stato in cui si trova il processore e più precisamente quale tipo di servizio sta svolgendo, in base ad una richiesta di attenzione a seguito di un determinato evento. In generale il modo di funzionamento può essere cambiato via software, in modalità privilegiata, oppure per effetto di una eccezione. I programmi utente vengono di solito eseguiti in stato User, mentre gli altri modi servono a gestire periferiche esterne, ad accedere a risorse privilegiate ecc. Proprio per questo il passaggio da una modalità all'altra di funzionamento avviene solo a seguito di un evento straordinario detto eccezione.

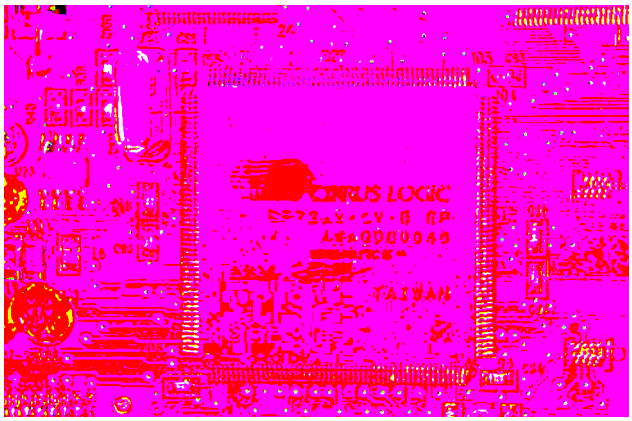


Figura 5 *Processore EP7312 della Cirrus Logic basato su architettura ARM720T*

Registri

Come già accennato il processore ARM è dotato di 37 registri diversi (Tabella 3), di cui 31 generici, 6 di stato, dei quali 5 servono al cambio di stato del processore. Tre dei registri generali hanno un significato speciale: R13

Modo di funzionamento			Descrizione	Codifica su 5 bit
1	User	(usr)	Esecuzione programmi comuni	0b10000
2	FIQ	(fiq)	Gestione interrupt veloci e frequenti	0b10001
3	IRQ	(irq)	Gestione interrupt generici	0b10010
4	Supervisor	(svc)	Modo protetto per esecuzione di un codice del S.O.	0b10011
5	Abort	(abt)	Errore di accesso alla memoria (per istruzioni o dati)	0b10111
6	Undefined	(und)	Istruzione illegale (di solito fuori codice)	0b11011
7	System	(sys)	Modo privilegiato d'esecuzione di un task del S.O.	0b11111

Tabella 2 *Stati di funzionamento*

(SP) viene utilizzato come Stack Pointer a supporto della realizzazione di subroutine con passaggio di parametri; R14 (LR) viene utilizzato come Link Register per memorizzare l'indirizzo di ritorno da una chiamata a subroutine; R15 (PC) è il Program Counter.

Il cambio di contesto che avviene a seguito della richiesta di interruzione viene notevolmente velocizzato in questa architettura RISC attraverso una gestione della variazione dello stato basata sul cambio di banco di registri. Naturalmente non si ha la possibilità di cambiare il maggior numero di registri per tutte le modalità, ma in ogni caso la riduzione del tempo di attesa per l'inizio del servizio dell'interruzione occorsa è notevole rispetto ad un cambio di contesto basato sul solo stack, come in un processore CISC. Quindi il cambio di modalità avviene semplicemente variando un puntatore al banco attivo, per ogni modalità i registri che cambiano con certezza, come si può vedere anche in tabella 3, sono i registri R13 e R14 (cioè SP e LR). Questa coppia specifica di registri permette l'associazione ai singoli modi di uno stack privato e rende più efficiente il ritorno da

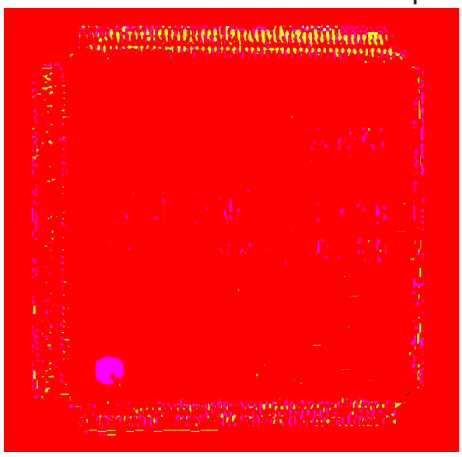


Figura 6 Samsung S3C4510B (ARM7TDMI core)

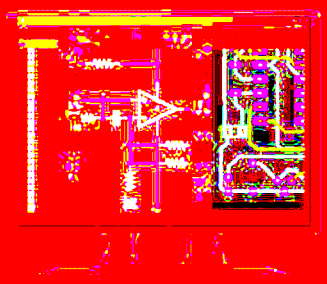
Modo di Funzionamento					
User / System	Supervisor	Abort	Undefined	Interrupt	Fast Interrupt
R0	R0	R0	R0	R0	R0
R1	R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3	R3
R4	R4	R4	R4	R4	R4
R5	R5	R5	R5	R5	R5
R6	R6	R6	R6	R6	R6
R7	R7	R7	R7	R7	R7
R8	R8	R8	R8	R8	R8_FIQ
R9	R9	R9	R9	R9	R9_FIQ
R10	R10	R10	R10	R10	R10_FIQ
R11	R11	R11	R11	R11	R11_FIQ
R12	R12	R12	R12	R12	R12_FIQ
R13 (SP)	R13_SVC (SP)	R13_SVC (SP)	R13_UNDEF (SP)	R13_IRQ (SP)	R13_FIQ (SP)
R14 (LR)	R14_SVC (LR)	R14_SVC (LR)	R14_UNDEF (LR)	R14_IRQ (LR)	R14_FIQ (LR)
R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)	R15 (PC)
CPSR	CPSR	CPSR	CPSR	CPSR	CPSR
	SPSR_SVC	SPSR_SVC	SPSR_UNDEF	SPSR_IRQ	SPSR_FIQ

Tabella 3 Registri per modi di funzionamento

CS 3.0

NUOVO

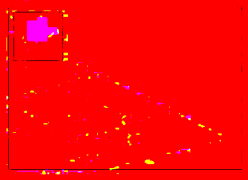
Software per progettare i Circuiti Stampati



Applicazioni

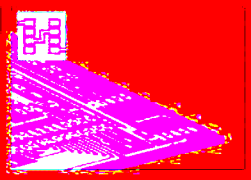
SCHEMA

Editor per il disegno dello schema elettrico



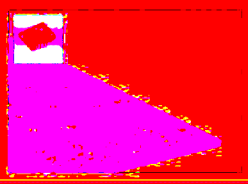
PISTE

Autorouter per la tracciatura delle piste in automatico



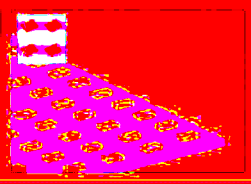
SERIGRAFIA

Testo e serigrafia per ogni esigenza



DISPOSITIVI

Nessun limite nel numero di pin e componenti utilizzabili



Acquistare questo Software è facile, visitate il sito internet:

www.eurocom-pro.com

EUROCOM-PRO

www.eurocom-pro.com

Per contatti ed informazioni >>

- 348-3808890
- info@eurocom-pro.com

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
N	Z	C	V	Riservati																				I	F	T	M 4	M 3	M 2	M 1	M 0

Tabella 4 *Registro di Stato*

eccezione. C'è da sottolineare che il maggior numero di registri fisici in copia è disponibile per la modalità FIQ, ciò è concepibile in quanto FIQ corrisponde alla modalità in cui si servono le interruzioni più veloci. Questo accorgimento permette di servire una chiamata di interruzione veloce senza dover salvare quei registri che risultano disponibili in copia fisica, ottenendo una maggiore efficienza nella realizzazione della corrispondente routine di servizio.

Riepilogando abbiamo i primi 7 registri unbanked (si riferiscono sempre alle stesse locazioni fisiche), i successivi registri da R8 a R14 sono banked (a seconda della modalità puntano a locazioni fisiche diverse). I registri R8-R12 sono banked solo per la modalità FIQ.

Quindi il registro di stato CPSR (Current Program Status Register), illustrato in tabella 4, include negli ultimi 4 bit, i bit di condizione (flags), nei bit 7,6,5 le maschere di interruzione e nei primi 5 bit la codifica del processor mode.

Consideriamo i diversi bit del registro di stato, da sinistra a destra abbiamo:

1. I classici flags che vengono settati in base alle istruzioni effettuate dal processore, in relazione a questo bisogna sottolineare che i bit condizione in ARM possono essere modificati solo da specifici opcode di comparazione e di test oppure è possibile attivare il set dei codici condizione anche per le altre istruzioni posponendo la lettera S all'opcode.
2. Quindi abbiamo i bit F e I che rappresentano lo stato di abilitazione o disabilitazione rispettivamente delle interruzioni veloci (FIQ) e delle interruzioni generiche (IRQ).
3. Infine abbiamo 5 bit che codificano lo stato del processore come riportato in tabella 4.

Set di Istruzioni e Modalità di Indirizzamento

I set di istruzioni supportati sono fondamentalmente due:

- ARM
- Thumb

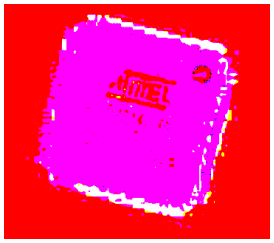


Figura 7 *Atmel AT91 si basa su di un set istruzioni a 16 bit Thumb*

Il primo dei due set è quello principale a 32 bit con le caratteristiche che abbiamo fino ad ora definito, mentre il secondo set di istruzioni è un sottoinsieme delle istruzioni ARM ricodificato a 16 bit invece di 32 e non contiene alcune istruzioni per gestire le eccezioni. Circa le modalità di indirizzamento attraverso cui il processore va a definire l'operando su cui lavorare, con ARM abbiamo modi specifici in relazione ad ogni sottoinsieme di istruzioni. La classificazione e la suddivisione delle istruzioni aiuta a collegare la modalità di indirizzamento al tipo di opcode.
Prima di proseguire nella trattazione, bisogna puntualizzare un importante concetto relativo alle istruzioni in linguaggio assemblativo per processori ARM: quello che in genere è indicato con opcode o codice operativo è un codice composto, i progettisti ARM considerando di avere a disposizione una macchina non regolare nel definire i mnemonici dei codici operativi, hanno cercato di rendere regolare la loro composizione.
In pratica ciò che si è considerato è la formazione di una stringa di tre campi come è possibile distinguere in Tabella 5.
Quindi il codice operativo potrà essere formato da un opcode vero e proprio tipo B (per Branch), un campo1 e un campo2 rappresentanti specifiche direttive relative a quel codice operativo. Ad

Cod. Op. base	Campo1	Campo2

Tabella 5 *Composizione Codice Operativo*

esempio di potrà avere un campo condizione rappresentato da AL (Always), che composto al caso considerato forma il codice BAL dove abbiamo un solo campo aggiuntivo. Ci sono altri casi dove troviamo sfruttati tutti i campi, tipo STMNEIA, dove abbiamo il codice operativo Store Multiple (STM), la condizione not equal (NE) e il terzo campo relativo al metodo di gestione dello stack "increment after" (IA).

Gestione dello Stack

Lo stack è una struttura dati di tipo "Last In First Out", di solito nell'ambito di programmi che richiamano subroutine o routine di servizio, è utilizzato per salvare temporaneamente i registri o il contesto, in modo da garantire la possibilità di ritornare al punto in cui il programma precedente era stato interrotto, assicurando così la rientranza. Quanto affermato vale in particolare in ARM e nello specifico per il salvataggio del registro LR (Link Register), che deve essere salvato sullo stack prima che all'interno della subroutine appena iniziata, se ne possa chiamare un'altra. Tutto ciò per conservare la possibilità di ritorno da queste subroutine.
Naturalmente al fine di utilizzare adeguatamente lo stack, così da non perdere i dati, bisogna stabilire un metodo convenzionale di gestione, quindi i dati saranno inseriti nella struttura dati in una determinata sequenza e recuperati nella sequenza inversa.
Convenzionalmente SP(R13) viene utilizzato per identificare l'indirizzo della testa dello stack in memoria, che cresce per indirizzi decrescenti.
Al di là delle convenzioni, l'insieme dei codici operativi messi a disposizione dall'architettura è tale da poter gestire un qualsiasi tipo di stack, le due caratteristiche principali che devono essere sottolineate nel definire una disciplina di riempimento/svuotamento sono due:

1. la crescita dello stack è legata alla crescita o decrescita degli indirizzi;
2. lo SP punta alla testa che sarà il primo elemento vuoto o il primo elemento pieno.

Nei processori ARM abbiamo a disposizione due istruzioni fondamentali:

- LDM (Load Multiple Register)
- STM (Store Multiple Register)

La gestione dello stack può essere fatta automaticamente ad opera dell'assemblatore, attraverso un adeguato utilizzo dei 2 campi presenti a seguito del codice operativo vero e proprio (vedi paragrafo precedente). Riportiamo in tabella 6 i codici operativi con tutte le possibili combinazioni utilizzabili. Sta al programmatore decidere quanto essere a contatto con meccanismi di più basso livello e quanto affidare all'assemblatore.

Figura 8 Un text scanner costruito su ARM 7 TDMI Processor

Istruzione	1° Livello	2° Livello
LDM	IA (Increment After)	FD (Full Descending)
STM	IA (Increment After)	EA (Empty Ascending)
LDM	IB (Increment Before)	ED (Empty Descending)
STM	IB (Increment Before)	FA (Full Ascending)
LDM	DB (Decrement Before)	EA (Empty Descending)
STM	DB (Decrement Before)	FD (Full Descending)
LDM	DA (Decrement After)	FA (Full Ascending)
STM	DA (Decrement After)	ED (Empty Descending)

Tabella 6 Gestione dello Stack

Eccezioni e Pipeline

Il sistema delle interruzioni (interrupts) è un'infrastruttura abbastanza generale per la gestione di una serie di eventi particolari. In molte trattazioni si classificano queste serie di eventi eccezionali semplicemente con delle operazioni di I/O, ma affermare ciò è molto restrittivo. È difficile parlare delle interruzioni in generale, in quanto esistono diversi gradi di libertà. Ogni processore ha una propria organizzazione in relazione al sistema delle interruzioni. In

più oltre al processore esistono circuiti hardware dedicati con diverse caratteristiche, che collaborano con il processore per la gestione e la classificazione degli eventi interrompenti.
Tuttavia è possibile fare riferimento ad un modello generale del sistema delle interruzioni, pur incorrendo appena si scende nel particolare nel considerare un processore reale. La cosa importante da capire è che in generale il processore percorre continuamente il loop infinito (scritto in pseudo-linguaggio di programmazione):

```
while (true){
   fetch();
   operand_assembly();
   execute();
   check_for_interrupt();
         //Se non si è verificato
         // niente di "eccezionale" il flusso
         // continua sequenzialmente
}
```

se si presenta una causa interrompente come un errore hardware, una richiesta di attenzione da parte di una periferica, ecc. il flusso di programma continua sempre dalla prima istruzione del ciclo, però nella fase di caricamento dell'istruzione (fetch();) l'istruzione che stiamo iniziando ad elaborare è la prima dell' ISR (Interrupt Service Routine) relativa alla causa interrompente e non più l'istruzione successiva del programma in esecuzione.
Quindi ci sono dei meccanismi che forzano il processore a saltare all'indirizzo iniziale della routine di servizio delle interruzioni, tale routine si occupa di salvare il contesto in cui stava precedentemente operando il processore e di espletare il servizio dell'interruzione e cioè la "risposta" del processore all'eventuale richiesta di attenzione da parte di una periferica esterna, oppure ad un errore di calcolo ecc.
Prima di proseguire e parlare del nostro caso specifico, definiamo una delle tante classificazioni (ne esistono veramente tante…) degli eventi eccezionali che generano interruzioni, abbiamo:

- *Interrupts:* sono degli eventi asincroni all'elaborazione e permettono di gestire richieste di attenzione da parte di dispositivi tipicamente di I/O.
- *Traps:* sono eventi sincroni all'elaborazione, che forniscono un meccanismo controllato ed efficiente di passaggio allo stato supervisore. L'unica differenza rispetto alla chiamata a sottoprogramma è che in questo caso si ha contestualmente il passaggio allo stato supervisore.
- *Reset:* sono una serie di eventi così eccezionali e catastrofici, che l'utente non può fare nulla, ad esempio un errore sul bus di I/O.

Introdotto brevemente l'argomento possiamo tornare al nostro caso particolare: i processori ARM. Sono previsti 7 tipi di eccezione (tabella 7). Associato a ciascun tipo di eccezione c'è un indirizzo denominato "vettore di eccezione". L'elaborazione di una eccezione forza il PC ad assumere il valore del corrispondente vettore.
Di solito all'indirizzo a cui è forzato il PC abbiamo la codifica su 32 bit di un'istruzione di salto incondizionato (BAL Branch Always) alla corrispondente routine di servizio della causa interrompente.

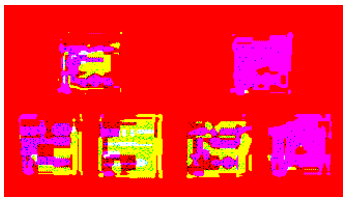


Figura 9 Microcontrollori OKI (ARM7TDMI® core)

N.B.: abbiamo detto "di solito" in quanto non tutte le cause interrompenti prevedono un salto ad un ramo di ISR. Vediamo la vector table in tabella 7.
Come si nota, anche dagli indirizzi, la vector table si trova dell'indirizzo 0. Descriviamo la sequenza degli eventi che avvengono a seguito del verificarsi di una causa di interruzione:

1. Salvataggio del registro di stato nella copia di salvataggio corrispondente all'eccezione in corso di elaborazione.
2. Aggiornamento del registro di stato con la nuova modalità in cui opera il processore.
3. Se il modo d'eccezione è Reset o FIQ, allora disabilita le interruzioni "veloci" (bit F) nel registro di stato corrente.
4. Disabilita le interruzioni "comuni" (bit I) nel registro di stato corrente.

VIA RADIO
CARRILOGO

Indirizzo (esadecimale)	Tipo	Variazione Modalità
0x00000000	Reset	SVC
0x00000004	Undefined Instruction	UNDEF
0x00000008	Software interrupt (SWI)	SVC
0x0000000C	Prefetch Abort	ABORT
0x00000010	Data Abort	ABORT
0x00000014	Address Exception	SVC
0x00000018	IRQ Interrupt	IRQ
0x0000001C	FIQ Interrupt	FIQ

Tabella 7 Tipi di Interruzione

5. Salva il contenuto del PC nel registro LR della nuova modalità.
6. Salta all'indirizzo del corrispondente vettore.

Viene quindi fornita una breve descrizione dei tipi di eccezione e per ciascuna tipologia viene definita l'istruzione di ritorno, cioè il metodo attraverso cui è possibile calcolare il valore a cui forzare il PC per ripristinare adeguatamente l'esecuzione del programma interrotto:

- **Reset:** generata sul fronte di discesa del segnale di reset, consente di inizializzare il processore, quindi non è previsto ritorno.
- **Undefined Instruction:** eccezione sollevata internamente alla CPU, quando si cerca di eseguire il fetch di una istruzione non valida. Istruzione di ritorno: *MOVS PC,R14.*
- **Software Interrupt:** eccezione sollevata dall'apposita istruzione SWI. La routine di servizio assume di norma il ruolo di attivatore di una chiamata a sistema (operativo): il relativo codice viene pertanto eseguito in modalità privilegiata. Istruzione di ritorno: *MOVS PC,R14.*
- **Prefetch Abort:** eccezione sollevata dal segnale di ingresso alla CPU "abort" controllato dalla MMU *(Memory Management Unit)*, tale segnale viene attivato in corrispondenza del tentativo di accedere ad un indirizzo di memoria non valido. L'ISR può essere utilizzata per l'implementazione della memoria virtuale. Istruzione di ritorno (si ritorna in questo caso all'istruzione non caricata): *SUBS PC, R14, #4.*
- **Data Abort:** come per 'Prefetch Abort' ma con segnale "abort" generato nella fase di esecuzione un'istruzione. Istruzione di ritorno (si ritorna in questo caso all'istruzione non eseguita): *SUBS PC, R14, #8* Istruzione di ritorno (senza riesecuzione dell'istruzione): *SUBS PC, R14, #4.*
- **IRQ (Interrupt Request):** Eccezione generata dal segnale d'ingresso alla CPU "IRQ". Istruzione di ritorno: *SUBS PC, R14, #4.*
- **FIQ (Fast Interrupt Request):** Eccezione generata dal segnale d'ingresso alla CPU "FIQ". Istruzione di ritorno: *SUBS PC, R14, #4.*

A questo punto ci chiediamo per quale motivo, per tornare dal servizio dell'interruzione al precedente programma interrotto, bisogna operare sull'indirizzo di ritorno conservato nel registro LR, prima di ripristinarlo nel Program Counter.
Torniamo a quanto detto nell'ambito della prima parte dell'articolo. I processori ARM sono microprocessori RISC caratterizzati da un pesante parallelismo interno, tale parallelismo si estrinseca nella nota più evidente, la pipeline.

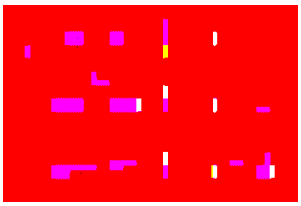


Figura 10 Pipeline a tre stadi

I processori ARM sono caratterizzati da una pipeline a tre stadi (fetch, decode, execute), che permette al processore di avere al proprio interno "in lavorazione" in contemporanea tre istruzioni diverse, secondo lo schema in figura 10.

Quindi in ogni stadio della pipeline abbiamo un'istruzione. Facciamo un esempio per capire meglio il funzionamento, se consideriamo di aver prelevato un'istruzione che risiede all'indirizzo contenuto nel PC, mentre è in fase di decodifica, in contemporanea abbiamo la fase

di caricamento dell'istruzione successiva a quella in decodifica, e mentre la prima istruzione caricata si trova in fase di esecuzione abbiamo che la seconda caricata è in fase di decodifica e una terza si trova in caricamento, e così via. Tutto ciò permette di velocizzare le operazioni, ma crea un bel problema nel momento in cui si deve considerare il valore del PC, infatti quando avviene l'interruzione e il PC viene salvato nel LR, nel ripristino del valore del PC per riprendere l'esecuzione del programma interrotto, bisogna considerare in che stato la pipeline si trovava al momento dell'interruzione e quindi bisogna capire come va modificato l'indirizzo di ritorno contenuto nel LR. Prendiamo in considerazioni alcuni casi di interesse tra le varie interruzioni, nel caso delle Software Interrupt (questo caso ci interessa per risvolti futuri), non si fa altro che copiare il valore contenuto nel Link Register nel Program Counter, in quanto l'eccezione è sollevata automaticamente durante la fase di decodifica del codice operativo SWI, quando il PC è già spostato di 4 byte (32 bit), cioè quando PC punta già all'istruzione successiva, quindi in tal caso non bisogna operare modifiche al valore contenuto nel LR. Prendiamo ora in considerazione il caso relativo al Data Abort, in questa situazione il valore contenuto nel LR va aggiornato sottraendo 4 (byte) oppure 8 (byte), bisogna pensare che questo tipo di interruzione si verifica nella fase di execute dell'istruzione, di conseguenza, se sottraiamo 4 riprendiamo l'elaborazione dall'istruzione successiva a quella che ha generato l'interruzione, se invece si sottrae 8 si riprende dall'istruzione che ha generato interruzione. Il ragionamento applicato in questi due casi particolari, può essere ripreso anche negli altri casi, così da verificare la correttezza delle istruzioni di ritorno.

Interrupt	Priorità
Reset	1
Data Abort	2
FIQ	3
IRQ	4
Prefetch Abort	5
Undef. Instr. & SWI	6

Tabella 8 *Priorità tra le eccezioni*

Gestione prioritaria delle eccezioni

Come nella maggior parte dei processori più complessi, i processori ARM hanno una gestione prioritaria delle eccezioni. Nel caso in cui più eccezioni siano contemporaneamente pendenti, il processore ARM utilizza una priorità prefissata secondo la tabella 8.

Naturalmente il valore più prioritario è 1. Chiariamo quindi il meccanismo attraverso cui è possibile applicare questa gestione prioritaria. In ingresso al generico processore ARM abbiamo tre linee fondamentali: IRQ, FIQ e NMI (Non Mascherable Interrupt che corrisponde a Reset). A queste tre linee ed in particolare a IRQ e a FIQ sono collegati tutti i diversi dispositivi, che possono inoltrare così una richiesta di attenzione al processore. La cosa particolare che va sottolineata è che alla fin fine i dispositivi sono classificati in due classi principali (normali e veloci) e nel momento in cui per esempio si verifica una interruzione di tipo IRQ, il processore si occuperà di definire quale tra le periferiche connesse a tale linea ha inoltrato la richiesta di interrupt, questo avviene nella cosiddetta fase di polling dei dispositivi presenti, altrimenti ci possono essere schemi più complessi da un punto di vista hardware, che comprendono la presenza di hardware aggiuntivo, che si occupa dell'identificazione e della gestione prioritaria degli interrupt, in tal caso si parla di interrupt controller.

RIFERIMENTI

Dopo aver portato avanti una panoramica su tali architetture, arriva il momento dei "riferimenti" che spero siano cosa gradita per quanti vorranno approfondire il discorso su tali architetture e vorranno saperne di più. Esiste una marea di materiale scaricabile dalla grande rete, ma la fonte principale per capire la base di tali architetture è http://www.arm.com/documentation.
In più per coloro che hanno difficoltà a disporre di linee internet veloci, ARM mette a disposizione la possibilità di ricevere un cd con tutta la documentazione presente anche sul sito, tale cd può essere richiesto dalla pagina

web, corrispondente all'indirizzo appena documentato.

LINKS

Una serie di links utili di approfondimento:

- www.arm.com (Link principale)
- www.arm.com/documentation (Documentazione ARM)
- www.arm.com/documentation/cd_re-quest.html (Per richiedere il cd di documentazione)
- www.arm.com/support (Faq ed altri utili riferimenti)

Oltre a tali riferimenti "istituzionali" esistono tutta una serie di links che suggeriscono libri su ARM e tante altre curiosità, che per limiti di spazio magari sono state trascurate, basta semplicemente fare una ricerca su *Google* con soggetto "ARM Architecture".

GLOSSARIO

Poniamo qui, prima di concludere questa introduzione, un piccolo glossario con i termini utilizzati di difficile comprensione o poco comuni, che ci possono aiutare nella lettura:

Architettura: realizzazione di un modello teorico che deve godere di ben precisi requisiti, come la funzionalità, l'economia, l'estetica ecc.

RISC (Reduced Instruction Set Computer): i processori RISC rappresentano una diffusa tendenza degli anni '90: la riduzione del repertorio dei codici operativi ed il ritorno a soluzioni architetturali "semplici". I sistemi RISC, infatti, cercano di conseguire elevate prestazioni per mezzo di soluzioni architetturali semplici ma efficienti. L'impiego di poche e semplici istruzioni e modi d'indirizzamento consente di semplificare la struttura interna per l'esecuzione dei codici e quindi di rendere più veloce il processore. Inoltre, le varie fasi del ciclo del processore (prelievo, preparazione degli operandi, esecuzione), sono tipicamente demandate ad unità funzionali separate e specializzate, che possono operare in parallelo.

Industria dell'embedding: L'embedding è l'integrazione di tecnologia hardware e software di calcolo all'interno di apparati e sistemi complessi, specie ad alte prestazioni. Tale settore industriale configura delle potenzialità enormi, anche nell'immediato futuro. Basti pensare che la moderna aeronautica non dispone a bordo che di potenze inferiori a poche centinaia di MegaFlops, o che i produttori di auto si stanno occupando di indirizzare le loro ricerche verso l'utilizzo a bordo di potenze rilevanti, per vari scopi di gestione dell'autovettura e di ausilio al guidatore.

Linguaggio assemblativo o assembler: Linguaggio di programmazione in cui le istruzioni in codice macchina vengono sostituite con codici mnemonici e gli indirizzi con delle label (etichette). Molte volte si confonde il linguaggio assemblativo con il linguaggio macchina, la differenza risiede nel fatto che il linguaggio macchina è composto di codici scritti in binario, quindi in una codifica direttamente comprensibile al processore, mentre il linguaggio assemblativo è un linguaggio basato su codici mnemonici, che pur mappato 1 a 1 su quello macchina, per poter essere inteso dal processore, va assemblato ad opera di un adeguato programma assemblatore.

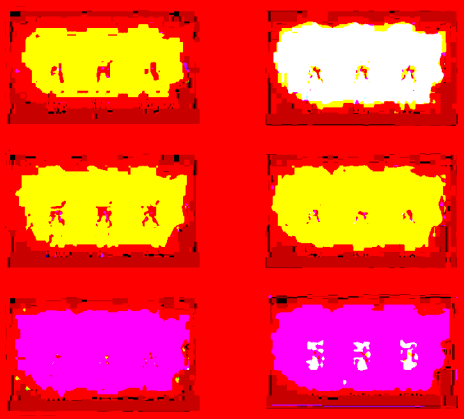
Pipelining: Tecnica utilizzata nei microprocessori che consente di lavorare più istruzioni contemporaneamente. In particolare il microprocessore inizia ad lavorare (secondo il proprio ciclo fondamentale) una seconda istruzione prima ancora che la prima sia stata completata. Le istruzioni si trovano simultaneamente nella Pipeline ognuna ad un diverso stato di elaborazione. I risultati finali di ogni istruzione emergono alla fine della Pipeline, in rapida successione.

CONCLUSIONI

Abbiamo analizzato alcune delle caratteristiche principali che contraddistinguono questa famiglia di processori. L'argomento è molto complesso ed in questa semplice introduzione si è cercato di dare solamente un'idea, cercando di suscitare l'interesse nei riguardi di quanto si trova dietro ai sofisticati dispositivi, che usiamo tutti i giorni.

PARSIC ITALIA OPTOELETTRONICA

Led alta intensità



LCD PLD VFD

Cluster led

VCR Visual CAR

Display led custom

Display 7 seg. led

Insegne Led carattere scorrevole

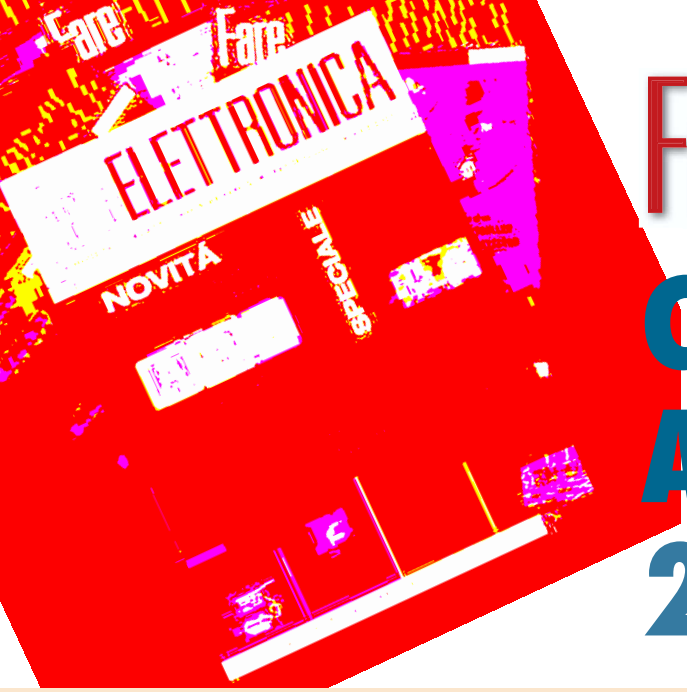
Varitronics Kingbrigth Anshan yes

Wintek Noritake-Itron

www.parsicitalia.it

via Pertini 13 48020 Savio di Ravenna

tel 0544 927468 e-mail parsicitalia@libero.it



FareELETTRONICA

CAMPAGNA ABBONAMENTI 2005

1 ANNO, 11 RIVISTE

A SOLI 39,00 EURO INVECE DI

51,00 EURO

con un risparmio del

25%

Abbonati subito!

Facciamo i conti!

- ✔ **Risparmierai** ben 12,00 euro sul prezzo di copertina
- ✔ Avrai la garanzia del **prezzo bloccato** per un anno
- ✔ La rivista ti sarà **recapitata comodamente** a casa
- ✔ Compreso con l'abbonamento (o il rinnovo) riceverai un **buono sconto del 20%** per un tuo prossimo acquisto sul sito www.farelettronica.com e, insieme alla merce ordinata, ti sarà recapitato l'esclusivo portapenne di Fare Elettronica

Riceverai ogni mese, direttamente a casa, tante idee, consigli e progetti di assoluta novità e attualità

(è possibile pagare con bollettino postale, bonifico bancario e carta di credito, maggiori dettagli in ultima pagina)

Seconda parte
Controllo della tensione di uscita

Terza parte
Le perdite di energia

Quarta parte
Perdite nei diodi e tipologia "inverting"

Alimentatori switching:

I circuiti didattici che vi ho presentato finora avevano lo scopo di introdurre con gradualità e semplicità la teoria degli switching, e non hanno grosse applicazioni pratiche. È arrivato il momento di fare sul serio! Presenterò un alimentatore "buck" (riduttore di tensione), con tensione di uscita 5V ed una corrente massima di ben 4A. Ma prima del piacere il dovere: andiamo avanti con la teoria delle perdite di energia negli switching.

PERDITE NEGLI ALIMENTATORI SWITCHING: MOSFET

Come sapete, il MOSFET è un dispositivo attivo a tre terminali con pilotaggio in tensione, a differenza del transistor bipolare che richiede un pilotaggio in corrente. Tralascerò le spiegazioni relative al funzionamento del MOSFET come amplificatore lineare, perché negli alimentatori switching verrà utilizzato solamente in saturazione ed in interdizione, e mai in zona attiva.
Nella Tabella 1 vi riepilogo le principali caratteristiche dei MOSFET usati come interruttori, per le spiegazioni continuate a leggere.

Un comune equivoco relativo ai MOSFET riguarda la loro presunta facilità di pilotaggio o equivalentemente, l'assenza di assorbimento sul Gate. Questo è sicuramente vero in situazioni statiche, cioè con V_{GS} costante, basti pensare che la corrente di perdita tipica di un MOSFET si misura in genere in nanoampere. La corrente di perdita viene definita nei datasheet come *Gate-Source Leakage Current* ed indicata con I_{GSS}. Tuttavia, così come succede nei circuiti integrati CMOS, durante le commutazioni, e sappiamo che negli switching ce ne sono decine/centinaia di migliaia al secondo, l'assorbimento sale notevolmente. Per comprenderne i motivi, fate riferimento alla figura 1 che mostra il circuito equivalente di un MOSFET a canale N utilizzato come interruttore:

Per un MOSFET a canale P basta invertire il senso della freccia nel simbolo del MOS e la polarità del diodo D. Il diodo D è per così dire "parassita", legato al processo di fabbricazione del MOSFET. La sua presenza fa sì che il MOSFET non sia un interruttore ideale, che quando spento, sopporta la tensione ai suoi capi, **di qualunque polarità**, senza far scorrere corrente. È evidente infatti che il MOSFET a canale N riesce a bloccare, quando spento, solo tensioni positive del Drain rispetto al

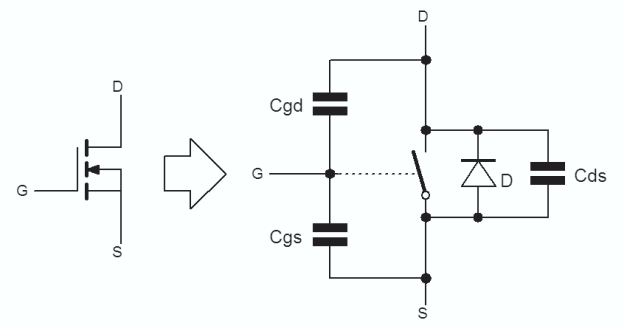
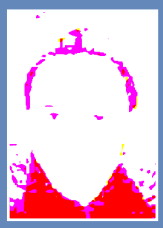


Figura 1 *circuito equivalente (I) di un MOSFET a canale N usato come interruttore*

di Romano Bernarducci
r.bernarducci@farelettronica.com



Le perdite di energia

Source; viceversa la corrente scorre dal Source al Drain attraverso il diodo. È una prova interessante che potete fare collegando il polo positivo di un alimentatore a 5-10V, tramite una resistenza da 100-1000Ω, al Gate e Source cortorcircuitati tra loro. Il polo negativo dell'alimentatore va al Drain, che in genere, per MOSFET in contenitore TO220, corrisponde alla linguetta metallica ed al terminale centrale. Vedrete che, anche se tra Gate e Source non ci sono i 10V necessari per commutare il MOSFET, scorrerà comunque una corrente dal Source al Drain, attraverso il diodo parassita. Per fortuna questo diodo, nella stragrande maggioranza delle applicazioni, non disturba, ed anzi, in alcune applicazioni come il pilotaggio di motori, viene utilizzato come diodo di ricircolo.
I tre condensatori che vedete in figura 1 sono i responsabili delle perdite di commutazione del MOSFET; in genere nei datasheet sono riportati i valori di altre capacità, e cioè Ciss, Coss, Crss, che sono legate a Cgd, Cgs e Cds dalle seguenti relazioni:

Ciss = Cgs + Cgd
(*Input Capacitance,* capacità di ingresso)
Crss = Cgd
(*Reverse Transfer Capacitance,* capacità di trasferimento inverso)
Coss = Cds + Cgd
(*Output Capacitance,* capacità di uscita)

A titolo esemplificativo riporto qui i valori per l'IRF620, il MOSFET a canale N utilizzato nel primo circuito boost:

Ciss = 260pF
Crss = 30pF
Coss = 100pF

Da cui è immediato ricavare:

Cgd = Crss = 30pF

Tipo MOSFET	Si accende se...	Se acceso fa scorrere corrente...	Se spento blocca tensioni di drain...	Prestazioni ($r_{DS,ON}$)	Costo a parità di prestazioni
Canale N	la tensione di GATE è almeno 10V più **alta** della tensione di SOURCE	da DRAIN a SOURCE	positive rispetto al SOURCE (tensioni negative passano attraverso il diodo interno)	OTTIME	MINORE
Canale P	la tensione di GATE è almeno 10V più **bassa** della tensione di SOURCE	da SOURCE a DRAIN	negative rispetto al SOURCE (tensioni positive passano attraverso il diodo interno)	BUONE	MAGGIORE

Tabella 1 *Principali caratteristiche dei MOSFET usati come interruttori*

Cgs = Ciss – Cgd = 230pF
Cds = Coss – Cgd = 70pF

Calcoliamo ora la potenza persa nei tre condensatori, nel primo circuito boost, ricordando che l'energia immagazzinata in un condensatore è data dalla formula:

Formula 1

$E_C = 0,5 * C * V_C^2$
(E_C in Joule, C in Farad, V_C in Volt)

e che per ogni ciclo di switching, ogni condensatore deve essere scaricato e caricato. La potenza totale sarà quindi pari all'energia espressa dalla formula 1, **moltiplicata per la frequenza di switching e raddoppiata per tener conto della carica-scarica nello stesso ciclo**.

Condensatore Cgs, considerando che viene scaricato-caricato dalla tensione di gate (12V):

$P(Cgs) = (0,5 * 230e\text{-}12 * 12^2) * 182000 * 2 =$
$= 6,0mW$

Condensatore Cds, considerando che viene scaricato-caricato dalla tensione di uscita (24V):

$P(Cds) = (0,5 * 70e\text{-}12 * 24^2) * 182000 * 2 =$
$= 7,3mW$

Condensatore Cgd, considerando che durante la fase OFF è carico alla tensione di uscita (24V) e si ricarica alla tensione di gate (12V, opposta alla precedente) durante la fase ON:

$P(Cds) = (0,5 * 30e\text{-}12 * (24 + 12)^2) * 182000 * 2 =$
$= 7,1mW$

Si noti che il condensatore Cgd, pur essendo molto più piccolo degli altri, richiede circa la stessa potenza per la carica-scarica! È questo il noto effetto Miller, che sarà ancora più evidente negli alimentatori switching connessi alla rete elettrica, dove il MOSFET è sottoposto a tensioni di drain fino a 300V e più.

Dai calcoli precedenti, si nota che la perdita totale dovuta alla carica-scarica dei condensatori è praticamente trascurabile: perché allora questa analisi? Facciamo un piccolo passo indietro ed immaginiamo di avere un tempo di commutazione del MOSFET dello switching boost pari a zero, come riportato nella figura 2.

Notate che il grafico più in basso altro non è che la potenza dissipata dal MOSFET, in questo caso sempre pari a zero. Nel caso reale, con un tempo di commutazione maggiore di zero, si ha il grafico di figura 3.

Ad ogni commutazione viene dissipata potenza nel MOSFET! È quindi evidente che, per limitare le perdite, la commutazione deve avvenire nel più breve tempo possibile, ed è quindi **importante caricare e scaricare i condensatori Cgs e Cgd** (Cds influisce poco) **alla massima velocità.**
Per fare un esempio numerico, supponiamo di voler commutare il MOSFET IRF620 usato nel nostro primo circuito boost, in un tempo di

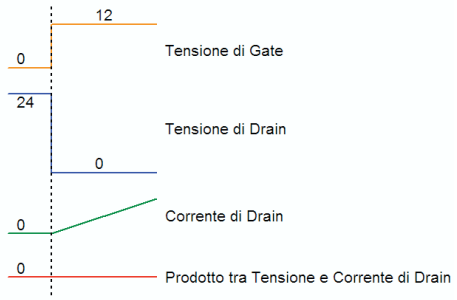


Figura 2 *Tensioni e correnti di commutazione nel caso ideale (t_{sw} = 0)*

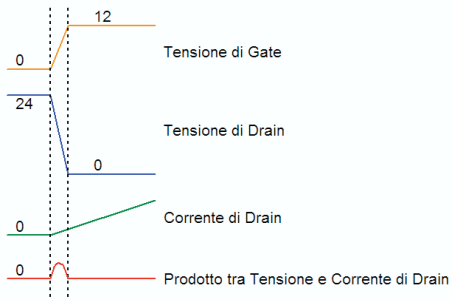


Figura 3 *Tensioni e correnti di commutazione nel caso reale (t_{sw} > 0)*

50ns, per ridurre al minimo le perdite. Dalla formula 5 della prima puntata, sappiamo che corrente, tensione e tempo in un condensatore sono legate dalla relazione:

$$C = I * \Delta t / \Delta V$$

Da cui deriva, per semplice inversione:

$$I = C * \Delta V / \Delta t$$

La corrente necessaria per caricare il condensatore Cgs, da 0 a 12V, in 50ns è quindi pari a:

$$I(Cgs) = 230e\text{-}12 * 12 / 50e\text{-}9 = 55{,}2mA$$

mentre per il condensatore Cgd, che deve passare da 24V, a 12V con polarità opposta, sempre in 50ns, la corrente necessaria sarà:

$$I(Cgd) = 30e\text{-}12 * (24 + 12) / 50e\text{-}9 = 21{,}6mA$$

La corrente totale necessaria sarà quindi pari a 76,8mA. Se si considera che il 555 CMOS usato nel primo circuito boost, riesce ad erogare solo 10mA ed assorbirne 50, si ha la spiegazione dell'utilizzo del buffer costituito dai due transi-

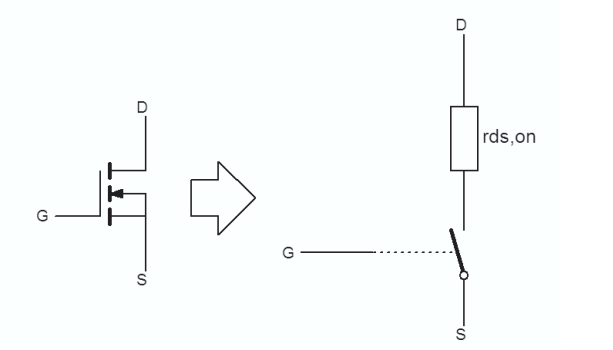


Figura 4 circuito equivalente (II) di un MOSFET a canale N usato come interruttore

Da oggi i display LCD non avranno più segreti!

È finalmente disponibile il NUOVO LIBRO

ORDINALO SUBITO SU www.farelettronica.com

"Conoscere ed usare i display LCD"

il mezzo più semplice per scoprire:
i display LCD alfanumerici
i moduli grafici e non solo!

Il testo è un viaggio che parte dai **tubi Nixie** fino ai **moduli grafici**, passando per la tecnologia **LED** e la tecnologia **LCD passiva**.

Numerosi esempi di progetto rendono molto "pratico" l'approccio verso questi dispositivi.

INWARE EDIZIONI
90 pagine
Prezzo: €15,50

stor complementari T1 e T2.
Attenzione: si tratta di un picco di corrente che dura poche decine di nanosecondi, quindi è sufficiente un condensatore elettrolitico (meglio se con un ceramico in parallelo), collocato vicino al buffer T1/T2.
I calcoli appena effettuati, oltre ad essere approssimati, non hanno utilizzo pratico, in quanto i valori delle capacità del MOSFET hanno grandi variazioni con le tensioni di polarizzazione e diventa difficile se non impossibile riuscire ad estrapolare i dati necessari al proprio caso. Quello che invece dovete ricordare è:

1. Per diminuire le perdite nei MOSFET è fondamentale pilotarli, sia in accensione che in spegnimento, con dispositivi in grado di erogare alte correnti di picco, che carichino velocemente i condensatori parassiti Cgs e Cgd.
2. Più il MOSFET è ad alta corrente, **maggiore** è il valore dei condensatori Cgs e Cgd, e quindi **minore** è la velocità di commutazione, a parità di corrente di pilotaggio. **Di conseguenza, è bene non esagerare con le specifiche del MOSFET.**
   Ad esempio, se abbiamo calcolato che in uno switching la corrente di picco nel MOSFET è pari a 3A, utilizzare un MOSFET da 6-9A (vedremo più avanti perché) e non uno da 30-50A.
3. Le perdite di commutazione rivestono particolare importanza negli switching ad alta tensione, come quelli connessi alla rete, dove sono presenti tensioni superiori a 300V. In questo caso opportuni circuiti (detti *snubber)* "modellano" la commutazione del MOSFET in modo da minimizzarne le perdite.

Finora abbiamo considerato quelle che sono chiamate *"AC losses"*, cioè perdite in AC, intendendo le perdite dovute alla commutazione del dispositivo. Introduciamo ora un altro tipo di perdita, questa volta legata alla struttura fisica del MOSFET. Nello schema equivalente di figura 1, ho riportato un interruttore ideale, che nella condizione di chiuso sappiamo avere resistenza nulla.

Nel caso reale un MOSFET presenta una resistenza molto bassa, spesso minore di 1 ohm, ma sempre maggiore di zero.
Questa resistenza, riportata in tutti i datasheet, prende il nome di $r_{DS,ON}$, in quanto è presente tra Drain e Source e si manifesta solo quando il MOSFET è ON. Il circuito equivalente è quindi del tipo riportato in figura 4.

Il calcolo delle perdite dovute a di $r_{DS,ON}$ consiste semplicemente nell'applicare la formula di dissipazione di potenza nelle resistenze:

$$P_{DISS} = r_{DS,ON} * I_{AVG}^2$$

(con I_{AVG} corrente media nel MOSFET durante il periodo ON), **moltiplicata per il tempo di accensione del MOSFET sul totale, cioè per il duty-cycle:**

Formula 2

$P_{DISS,MOSFET} = r_{DS,ON} * I_{AVG}^2 *$ duty-cycle
(P_{DISS} in Watt, $r_{DS,ON}$ in Ohm, I_{AVG} in Ampere, duty-cycle adimensionale < 1,0)

I puristi continueranno a storcere il naso per l'approssimazione, in quanto, a rigore, andrebbe effettuato il calcolo di un integrale, ma l'errore è trascurabile, e probabilmente inferiore alle tolleranze di $r_{DS,ON}$ tra diversi esemplari di MOSFET.
Vediamo ora di calcolare le perdite nel MOSFET IRF620 usato nel circuito boost. Dati $r_{DS,ON}$ = 0,8Ω (dal datasheet, a 25°C), I_{AVG} = 0,3A e duty-cycle = 50%, si ottiene:

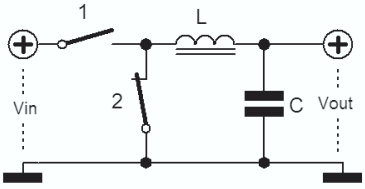


Figura 5 schema di principio (I) di un alimentatore switching di tipo buck

$$P_{DISS,MOSFET} = 0,8 * 0,3^2 * 0,5 = 36mW$$

Il valore di $r_{DS,ON}$ varia sensibilmente e concordemente la temperatura, approssimativamente raddoppiando per 100°C di aumento della temperatura.
Per stare sul sicuro, e se il datasheet non dovesse riportare il valore di $r_{DS,ON}$ ad alta temperatura, si può supporre che in ogni caso il MOSFET non supererà mai i 125°C (anche perché sarebbe vicino alla rottura) e quindi si può prendere cautelativamente come $r_{DS,ON}$ il **doppio** del valore a 25°C.
Nel caso del primo boost, tuttavia, la dissipazione nel MOSFET è così bassa che non porta a nessun aumento di temperatura apprezzabile, e quindi l'utilizzo del valore a 25°C è giustificato.

TIPOLOGIA BUCK

La tipologia buck è la "duale" della boost, in quanto è utilizzata quando la tensione di uscita desiderata è inferiore a quella di ingresso. Ricordo che questa è anche l'unica tipologia di switching che può essere sostituita da un alimentatore lineare, ovviamente con tutti gli svantaggi e i vantaggi del caso.
Lo schema di principio è riportato in figura 5.

Non vi ricorda nulla?
Beh, ha gli stessi identici componenti della tipologia boost, solo… scambiati di posizione!
Vedremo che questa "caratteristica" sarà presente anche nella tipologia inverting, che studieremo successivamente. Ripetendo il ragionamento fatto per la tipologia boost, è facile vedere che, come interruttore 1, non possiamo usare un diodo, in quanto la tensione di ingresso passerebbe all'uscita senza possibilità di alcuna modifica (a parte le cadute su diodo e induttanza).
Possiamo usarlo nella posizione 2, naturalmente con l'anodo a massa, perché, se fosse a massa il catodo, quando è acceso l'interruttore 1 la corrente scorrerebbe tutta sul diodo e non "caricherebbe" l'induttanza. Come interruttore 1 useremo come al solito un MOSFET. In figura 6 è riportato lo schema di principio modificato secondo le considerazioni appena fatte.

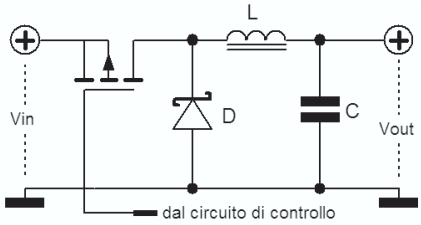


Figura 6 schema di principio (II) di un alimentatore switching di tipo buck

Dalla Tabella presentata all'inizio di questa puntata, è evidente come sia preferibile utilizzare come interruttore comandato, un MOSFET a canale N. Tuttavia, mentre nella tipologia boost per accendere un MOSFET di tipo N con il Source a massa, bastava una tensione positiva rispetto a massa, ad esempio quella di alimentazione stessa, nella tipologia buck siamo nei guai. Infatti, poiché il MOSFET deve commutare il ramo positivo dell'alimentazione, dovremmo avere a disposizione una tensione di Gate più alta di quella di uscita (collegata al Source tramite induttanza) di circa 10V. Se questa non fosse disponibile, dovremmo generarla con un opportuno circuito. In genere si usa una particolare configurazione, denominata genericamente *bootstrap*, che sfrutta la commutazione dello switching principale (o di un oscillatore ausiliario) per caricare un condensatore, un po' come avviene nei charge-pump. Il condensatore fornisce la tensione "maggiorata" necessaria per accendere il MOSFET a canale N.
Per motivi di semplicità, tuttavia, non presenterò circuiti del genere. Appare quindi inevitabile utilizzare MOSFET a canale P, come visibile in figura 6.

TIPOLOGIA BUCK: CALCOLI

La procedura di calcolo è molto simile a quella già vista per la tipologia boost, ma questa volta introdurremo gli effetti della variazione dei parametri di progetto.

Parametri di progetto desiderati

Supponiamo che il nostro buck sia alimentato da una batteria al piombo. Le tensioni tipiche

saranno allora:

$V_{IN,MIN}$ = +10,8V = Tensione di ingresso minima
$V_{IN,NOM}$ = +12V = Tensione di ingresso nominale
$V_{IN,MAX}$ = +14V = Tensione di ingresso massima

La tensione di uscita desiderata è:

$$V_{OUT} = +5V$$

con una corrente massima di:

$$I_{OUT} = 4A$$

PASSO 1
Calcolo della massima potenza di uscita

$$P_{OUT,MAX} = V_{OUT} * I_{OUT,MAX}$$

Nel nostro caso:

$$P_{OUT,MAX} = 5 * 4 = 20W$$

PASSO 2
Stima dell'efficienza e calcolo della massima potenza di ingresso

Come al solito sceglieremo un valore a piacere compreso tra il 70 e 90%, calcoleremo tutti i parametri e alla fine verificheremo se la scelta iniziale era corretta: in caso contrario ripeteremo il calcolo con il nuovo valore di η. Dalla nota formula:

$$P_{IN} = P_{OUT} / \eta * 100$$

Scegliendo η = 80%, otteniamo:

$$P_{IN,MAX} = 20 / 80 * 100 = 25W$$

PASSO 3
calcolo della massima corrente di ingresso

Per il calcolo occorre utilizzare il valore minimo della tensione di ingresso. Questo perché gli alimentatori switching possono essere considerati dispositivi a **potenza costante**, cioè tanta potenza entra, e la stessa, diminuita delle perdite, viene erogata al carico. Se ne deduce che, se la tensione di ingresso diminuisce mentre il carico resta costante, la corrente assorbita dall'ingresso dovrà aumentare per mantenere costante la potenza assorbita. Quindi il caso peggiore si ha proprio in corrispondenza della tensione di ingresso minima:

$$I_{IN,MAX} = P_{IN,MAX} / V_{IN,MIN}$$

Nel nostro caso:

$$I_{IN,MAX} = 25 / 10,8 = 2,315A$$

Notate che nella tipologia buck, a differenza della boost, questa NON è la stessa corrente che scorre nell'induttanza, ma può essere comunque utile ad esempio per dimensionare un fusibile di protezione all'ingresso.

PASSO 4
Scelta del ripple di corrente nell'induttanza

Come al solito, il ripple di corrente picco-picco nell'induttanza va scelto come frazione 20-50% del valore medio della corrente massima. Ricordo che bassi valori di ripple di corrente richiedono condensatori di uscita più piccoli e forniscono valori più bassi per la corrente minima di carico, ma hanno lo svantaggio di richiedere induttanze più grandi (a parità di frequenza di switching). Nella tipologia buck, la corrente media nell'induttanza è la stessa che scorre nel carico, come si può facilmente comprendere dalle figure 6 e 7.
In tratteggiato sono riportate le quantità di carica, date dalla nota formula Q = I * t (per la precisione dal suo integrale nel tempo), che carica-

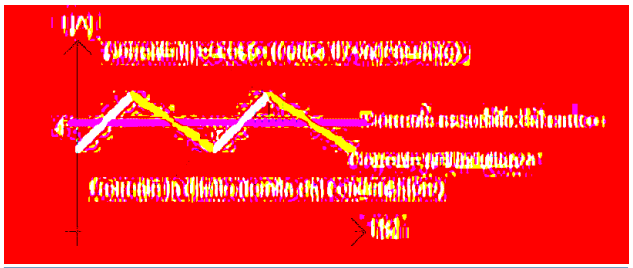


Figura 7 corrente nell'induttanza per tipologia buck

Da metà Dicembre

in tutte le edicole

da NON PERDERE!!

no e scaricano il condensatore di uscita. Il valore medio della corrente massima nell'induttanza è quindi I_{AVG} = 4A, e scegliendo per il ripple il valore del 20%, otteniamo:

$$\Delta I_L = 4 * 20\% = 0{,}8A$$

È immediato verificare, sempre dalla figura 7, che la minima corrente di carico è pari alla metà della corrente di ripple:

$$I_{OUT,MIN} = 0{,}8 / 2 = 0{,}4A$$

Collegando in uscita un carico che assorbe meno di 0,4A, lo switching andrà fuori regolazione e la tensione di uscita salirà ad un livello maggiore di 5V, con gli ovvi inconvenienti del caso. Tuttavia, sapete già che il problema viene brillantemente risolto con un controllo a retroazione della tensione di uscita. L'utilità del calcolo sarà chiara quando presenterò i controller switching PWM.

PASSO 5
Selezione del MOSFET

La selezione del MOSFET va effettuata a partire da due parametri fondamentali: la tensione presente tra Drain e Source, che deve essere minore della massima sopportabile (indicata con V_{DSS} nei datasheet) e la corrente che scorre nel Drain, che deve essere inferiore alla massima (indicata con I_D). Nella tipologia buck è facile vedere che, all'istante esatto di accensione, quando la tensione di uscita vale ancora zero, tra Drain e Source del MOSFET è presente tutta la tensione di ingresso. Quindi dovrà essere $|V_{DS,MIN}| = V_{IN,MAX}$ = 14V. Ho utilizzato il valore assoluto in quanto, a rigore, per i MOSFET a canale P sia la VDSS che la ID sono negative. In pratica qualunque MOSFET rispetta questo parametro. Per quanto riguarda ID, ricordo che nei datasheet è riportato il valore massimo alla temperatura del MOSFET di 25°C.
Purtroppo, durante il funzionamento, a causa delle perdite in AC e a quelle dovute alla $r_{DS,ON}$, il MOSFET si scalderà e il limite della I_D si abbasserà notevolmente. Per fare un esempio, il MOSFET a canale P IRF9530 passa da $I_{D,MAX}$ = -12A a 25°C, a $I_{D,MAX}$ = -8,2A a 100°C, con un decremento maggiore del 30%. Come regola generale, vi consiglio di:

Scegliere un MOSFET con $I_{D,MAX}$ a 25°C da 2 a 4 volte superiore alla massima corrente prevista.

Nel nostro caso abbiamo una corrente massima di picco nell'induttanza pari a:

$$I_{MAX} = I_{AVG} + \Delta I_L / 2 = 4 + 0{,}8 / 2 = 4{,}4A$$

e quindi occorre un MOSFET da 8,8 a 17,6A di $I_{D,MAX}$. La scelta è caduta sul già citato IRF9530, che ha una $r_{DS,ON}$ pari a 0,30Ω a 25°C.
Ovviamente, se in sede di calcolo delle perdite sul MOSFET, dovesse risultare una dissipazione di potenza troppo elevata, con conseguente richiesta di grossa aletta e/o scarsa efficienza complessiva, si può tornare a questo passo e selezionare un MOSFET migliore.

PASSO 6
Calcolo del duty-cycle

Calcoliamo il duty-cycle nominale, cioè il periodo ON rispetto al totale del ciclo (ON+OFF), usando la nota ed importantissima formula:

$$|V_{L,ON}| * t_{ON} = |V_{L,OFF}| * t_{OFF}$$

$V_{L,ON}$ è la tensione ai capi dell'induttanza durante la fase ON.
A differenza dei calcoli per la tipologia boost, NON supporremo che l'interruttore 1 (il MOSFET) sia perfetto, e quindi teniamo conto della caduta di tensione sulla $r_{DS,ON}$ del MOSFET. Applicando la legge di Ohm:

$$V(r_{DS,ON}) = r_{DS,ON} * I_{AVG} = 0{,}3 * 4 = 1{,}2V$$

e quindi:

$$V_{L,ON} = V_{IN} - V(r_{DS,ON}) - V_{OUT} = 12 - 1{,}2 - 5 = 5{,}8V$$

$V_{L,OFF}$ è la tensione ai capi dell'induttanza duran-

te la fase OFF. Anche in questo NON supporremo che l'interruttore 2 (il diodo D) sia perfetto, ma considereremo una caduta pari a circa 0,5V per diodi schottky e 1V per diodi al silicio "standard". Nel nostro caso utilizzeremo uno schottky del tipo 1N5821, quindi V_D = 0,5V.

Induttanza L in µH	Valore di t_{OFF} in µs	Freq. switching f_{SW} = [1 - (duty/100)] / t_{OFF}
100	14,545	35,3kHz
220	32,000	16,0kHz

$$V_{L,OFF} = V_{OUT} + V_D = 5 + 0,5 = 5,5V$$

Quindi:

$$5,8 * t_{ON} = 5,5 * t_{OFF}$$

cioè:

$$t_{ON} = 0,948 * t_{OFF}$$

e quindi:

$$\text{duty-cycle} = t_{ON} / (t_{OFF} + t_{ON}) = 48,7\%$$

Il valore calcolato per il duty-cycle, anche se è solo nominale in quanto non tiene conto delle variazioni della V_{IN}, è di utilità soprattutto nel caso di switching senza sistema di controllo, oppure per i regolatori di tipo PWM che vedremo in seguito.

PASSO 7

Scelta della frequenza di commutazione e dell'induttanza

Ricorderete che la frequenza di commutazione è praticamente a piacere, in quanto esistono infinite coppie induttanza-frequenza che forniscono in prima approssimazione lo stesso risultato. Ricordando la formula:

$$\Delta I_L = (V_L / L) * \Delta t$$

e applicandola alla sola fase OFF (stesso risultato si ottiene con la fase ON):

$$t_{OFF} = L * \Delta I_L / V_{L,OFF} = L * 0,8 / 5,5 = L * 0,14545$$

La 220µH richiede una frequenza di switching molto bassa, quindi per questo progetto ho preferito utilizzare un'induttanza da 100µH, che sia in grado di sopportare la massima corrente di picco pari a 4,4A. L'induttanza codice RS 228-416 (max. 5,4A) è adatta allo scopo. **Vedremo in una puntata successiva come autocostruire le induttanze, anche se, purtroppo, le ferriti su cui avvolgerle non sono sempre facilmente reperibili.**

PASSO 8

Stima (o misura) delle perdite dissipative

Il calcolo delle perdite andrebbe fatto nel caso peggiore. Purtroppo le perdite dipendono dal duty-cycle, in quanto questo definisce il tempo di ON (e quindi le perdite nel MOSFET) ed il tempo di OFF (e quindi le perdite nel diodo). Siccome il duty-cycle dipende a sua volta dalla tensione di ingresso (anche dalla tensione di uscita, che però nel nostro caso è costante e possiamo ignorarla), non è facile calcolare il massimo della **somma** delle perdite. Per semplicità, useremo il valore nominale per il duty-cycle calcolato nel passo 6.

PERDITE NEL MOSFET, applicando la formula 2:

$$P_{DISS,MOSFET} = r_{DS,ON} * I_{AVG}^2 * \text{duty-cycle} = 0,3 * 4^2 * 48,7\% = 2,338W$$

PERDITE NEL DIODO, applicando una formula che vedremo in seguito:

$$P_{DISS,D} = 1,026W$$

PERDITE NELL'INDUTTANZA, applicando una formula che vedremo in seguito:

$$P_{DISS,L} = 0,736W$$

Per un totale di

$P_{DISS,TOT} = P_{DISS,MOSFET} + P_{DISS,D} + P_{DISS,L} = 2,338 + 1,026 + 0,736 = 4,1W$

PASSO 9
Calcolo dell'efficienza e verifica della bontà della stima

La potenza assorbita dall'ingresso è pari alla somma della potenza erogata al carico e di quella dissipata:

$$P_{IN} = P_{OUT} + P_{DISS}$$

e l'efficienza è data da:

$\eta = P_{OUT} / P_{IN} * 100 = 20 / (20 + 4,1) * 100 = 83\%$

L'efficienza calcolata è maggiore di quella ipotizzata, tuttavia è bene mantenere un certo margine di sicurezza, per i motivi descritti nel passo precedente, e quindi consideriamo concluso il processo di selezione del MOSFET, dell'induttanza e della frequenza di switching.

PASSO 10
Calcolo del condensatore di uscita

Sappiamo dalle puntate precedenti che il condensatore di uscita influisce sul ripple di tensione di uscita, per il tramite dei valori di:

1. Capacità.
2. ESR, cioè l'Equivalent Series Resistance.

A vantaggio delle tipologia buck, c'è il fatto che la corrente nel condensatore è triangolare (grafico della figura 7, centrato intorno allo zero) a differenza della tipologia boost dove è trapezoidale, con tratti verticali molto più difficili da filtrare (vedi figura 9 della puntata precedente). Questo implica che il condensatore di filtro nella tipologia buck, **a parità di condizioni**, sarà più piccolo.
La procedura di calcolo del condensatore di uscita, per la tipologia buck, diventa perciò la seguente:

1. Calcolare l'ESR necessario a partire dalla formula (Legge di Ohm) **ESR** = ΔV_{ESR} / Δ**I**, ipotizzando come al solito ΔV_{ESR} pari al 90% del totale.
2. Scegliere un condensatore di uscita che abbia un ESR inferiore a quello calcolato, o mettere in parallelo due o più condensatori con ESR maggiore.
3. (Opzionale ma consigliabile per l'affidabilità) calcolare il valore efficace del ripple di corrente **triangolare** con la formula 3 (di cui ometto la dimostrazione) e verificare che sia inferiore al massimo sopportabile dal condensatore scelto nella fase 2. A rigore la formula vale solo per triangoli isosceli, cioè per $t_{ON} = t_{OFF}$, che è circa il nostro caso essendo il duty-cycle prossimo al 50%.

Formula 3

$I_{RMS} = I_{PK} * 0,57735$
(I_{RMS}, I_{PK} in Ampere)

4. Calcolare il ripple di tensione dovuto alla capacità, Δ_{VC}, con la formula 4 (di cui ometto la dimostrazione), e verificare che, sommato a quello del passo 1, il ripple totale sia accettabile. In caso contrario ripetere dal passo 1

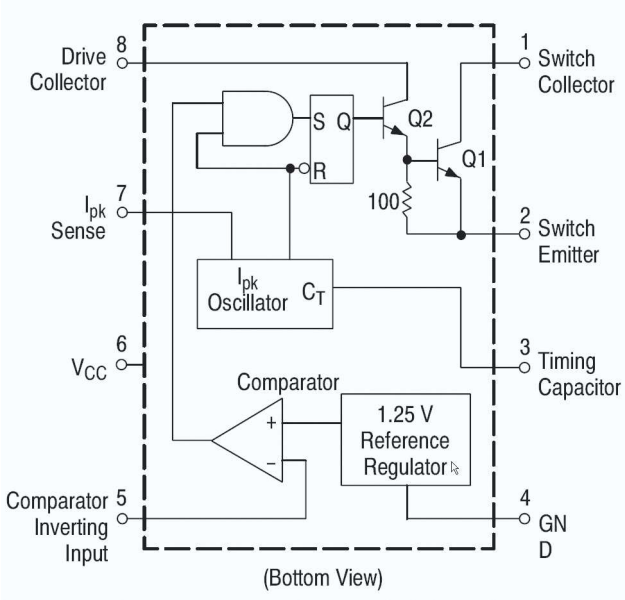


Figura 8 schema interno del circuito integrato MC34063

ipotizzando una diversa percentuale per ΔV_{ESR}.

Formula 4

$\Delta V_C = I_{PK} / (8 * C * f_{SW})$
(I_{PK} in Ampere, C in Farad, f_{SW} in Hertz)

Nel nostro caso, ipotizzando un ripple totale desiderato, pari al massimo a 100mVpp, otteniamo per l'ESR:

$$ESR = \Delta V / \Delta I = 0{,}1 * 90\% / 0{,}800 = 0{,}112\Omega$$

Scegliamo un condensatore Panasonic serie FC, 105°C, da 1000µF/6,3V (codice RS 315-0243), che esibisce un'ESR pari a 0,090Ω ed un ripple di *corrente* massimo pari a 0,765A. In questo caso il ripple di *tensione* dovuto all'ESR sarà:

$$\Delta V_{ESR} = \Delta I * ESR = 0{,}8 * 0{,}090 = 72mVpp$$

Il valore efficace del ripple di corrente è pari a:

$$I_{RMS} = I_{PK} * 0{,}57735 = 0{,}8 * 0{,}57735 = 0{,}462A$$

abbondantemente minore del massimo, a garanzia di un ridotto auto-riscaldamento del condensatore e quindi di una sua maggiore durata.
A questo proposito, ricordo che ai fini dell'affidabilità dello switching, è fondamentale posizionare i condensatori elettrolitici sufficientemente lontani dalle sorgenti di calore, come le alette di raffreddamento dei mosfet e/o dei diodi.
Calcoliamo il ripple di *tensione* dovuto alla capacità:

$$\Delta V_C = I_{PK} / (8 * C * f_{SW}) = 0{,}8 / (8 * 1000e\text{-}6 * 35300) = 2{,}8mVpp$$

Sommando il ripple di *tensione* dovuto ai due termini, si ottiene:

$$\Delta V_{TOT} = \Delta V_{ESR} + \Delta V_C = 72 + 2{,}8 = 74{,}8mVpp$$

che consideriamo accettabile per la nostra applicazione.
A rigore, i due contributi al ripple totale non sono in fase, cioè quando il primo termine dovuto all'ESR è al massimo l'altro NON è al massimo, tuttavia, considerando anche le approssimazioni fatte sul duty-cycle, si può utilizzare cautelativamente il valore calcolato.
Ricordate comunque che il ripple di tensione è facilmente misurabile con qualsiasi oscilloscopio in AC (NON con un comune tester in AC in quanto molto spesso non ha la necessaria banda passante), e quindi aggiustamenti del condensatore di uscita sono possibili e a volte necessari, durante la fase di collaudo del prototipo.

SWITCHING PFM: L'MC34063, PARTE 1

L'integrato MC34063, della ON Semiconductor (ex Motorola, www.onsemi.com) contiene al suo interno quasi tutto quello che serve per realizzare un alimentatore switching di tipo buck, boost e inverting, con controllo di tipo PFM:

- Un riferimento di tensione a 1,25V.
- Un comparatore che confronta la tensione di uscita (opportunamente scalata) con il riferimento interno.
- Un oscillatore, la cui frequenza può essere variata per mezzo di un condensatore esterno.
- Un interruttore comandato a doppio transistor (driver + potenza).
- Un circuito di protezione da sovracorrente.

Non contiene invece, e vanno montati esternamente, i seguenti componenti:

- Ovviamente l'induttanza ed il condensatore di uscita, impossibili (per ora?) da integrare su silicio.
- Il diodo (interruttore non comandato).

Il sistema di controllo è un'evoluzione del PFM che ho descritto in precedenza, in quanto presenta la possibilità di variare il duty-cycle, anche se in maniera molto rozza, e totalmente differente da un vero controllo PWM che caratterizzerà i circuiti integrati più avanzati.

Il principio di funzionamento è noto: se la tensione di uscita è inferiore al valore desiderato, accende la parte di potenza, altrimenti la spegne.
L'interruttore interno è a transistor bipolari e può commutare, da solo, fino ad un massimo di 1,5A: si rende quindi necessario inserire un buffer, cioè il MOSFET esterno che avevamo già previsto.
Per inciso, è abbastanza difficile e/o costoso trovare circuiti che integrino sia la parte logica/di controllo che quella di potenza, per correnti superiori a qualche Ampere. In figura 8 è riportato lo schema interno del MC34063.

Il controllo del duty-cycle è effettuato dal flip-flop Set-Reset e dalla porta AND, secondo una modalità che esamineremo nella prossima puntata. L'uscita Q del flip-flop attiva il transistor driver Q2, che a sua volta attiva il finale di potenza Q1.
I collettori di Q1 e Q2 sono portati separatamente a due pin del chip per consentire l'implementazione di qualsiasi topologia.

SWITCHING BUCK CON CONTROLLER PFM MC34063

Per pilotare efficacemente il MOSFET, utilizzeremo comunque il solito push-pull inseguitore di emettitore esterno, quindi la corrente richiesta all'MC34063 sarà molto bassa.
Per questo motivo è sufficiente utilizzare il collettore del transistor INTERNO Q2 (pin 8), lasciando il collettore del transistor INTERNO Q1 (pin 1) non connesso. Il circuito completo dell'alimentatore buck è riportato in figura 9.

Partendo dalla sinistra, la tensione di ingresso alimenta il circuito tramite un fusibile di protezione da 3,15A, standard 5x20mm.
Come quasi sempre accade negli alimentatori switching, si usa un fusibile ritardato (tipo T), in quanto le correnti di picco sono più alte di quelle medie e gli stessi picchi sono molto più rapidi rispetto ad un alimentatore da rete, a 50Hz.
Questo potrebbe causare l'indesiderato e prematuro intervento dei fusibili veloci di tipo F.
Il condensatore C2, da posizionare vicino alla coppia Q2-Q3, fornisce la carica necessaria per la veloce commutazione del MOSFET.
Il condensatore C3 determina la frequenza dell'oscillatore interno al circuito integrato, tuttavia vedremo come questa sia poco correlata alla frequenza di switching che appare all'uscita (pin 1 e 8).
Con una capacità di 1n, e con l'oscilloscopio sul pin 3, si può visualizzare un dente di sega asimmetrico, di ampiezza pari a qualche cen-

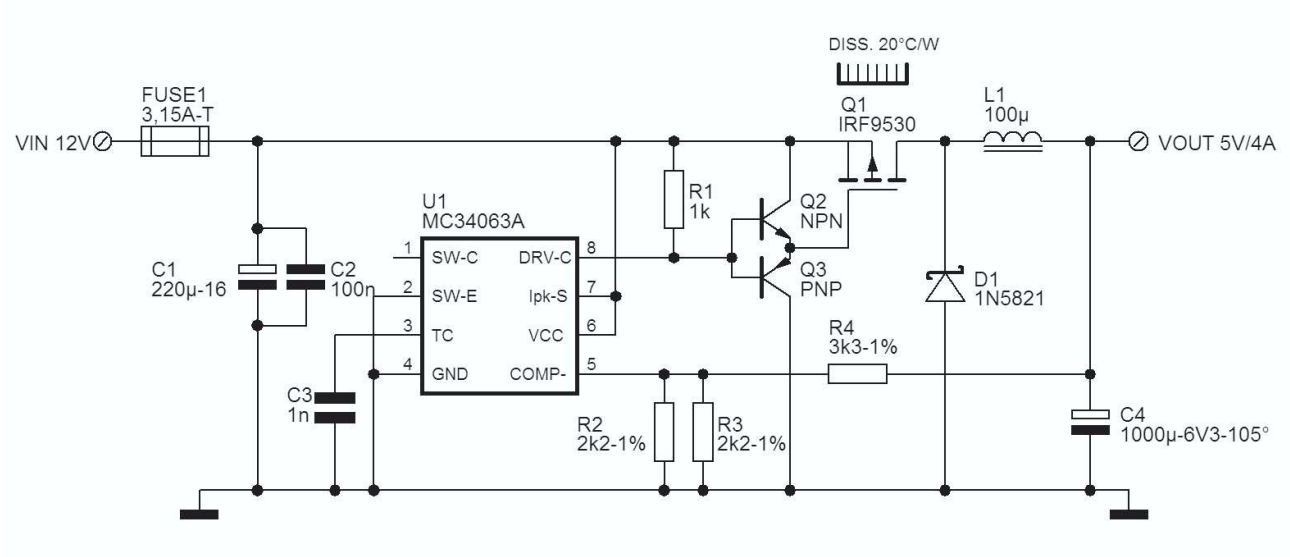


Figura 9 *schema elettrico completo dell'alimentatore buck 12V->5V, 4A*

tinaio di millivolt e frequenza pari a circa 34kHz. Ricordate di utilizzare la sonda in posizione x10, in quanto in posizione x1, la capacità del cavo schermato della sonda può alterare sensibilmente la frequenza di oscillazione. Se non doveste leggere una frequenza intorno ai 35kHz non preoccupatevi, in quanto le tolleranze interne dell'MC34063 sono molto elevate (vedi datasheet), ma non influiscono molto sulla buona riuscita del progetto, per motivi che vedremo più avanti.

Il pin 7 è connesso ad un circuito che spegne l'oscillatore quando la corrente di picco, attraversando una resistenza connessa tra il pin stesso e Vcc, produce una caduta superiore a 300mV; per motivi di semplicità e aumento dell'efficienza generale ho preferito disabilitare questa funzione collegando permanentemente il pin 7 a Vcc.
Il riferimento di tensione interno, collegato al piedino non invertente del comparatore (vedi figura 8), ha un valore nominale di 1,25V±3,2%, e le resistenze R2, R3 e R4 hanno il compito di attenuare la tensione di uscita desiderata fino allo stesso valore.
È preferibile usare resistenze all'1% in quanto quelle al 5%, in aggiunta alla tolleranza del riferimento interno, potrebbero causare una tolleranza della tensione di uscita troppo alta, fino anche al 20%. In alternativa, con le resistenze al 5%, si potrebbe prevedere un piccolo trimmer in serie ad una di esse per tarare con precisione la tensione di uscita.
Per determinare i valori delle resistenze, si calcola prima il valore dell'attenuazione da applicare alla tensione di uscita per eguagliarla a quella del riferimento:

$$A_{TT} = V_{OUT} / V_{REF} = 5 / 1{,}25 = 4$$

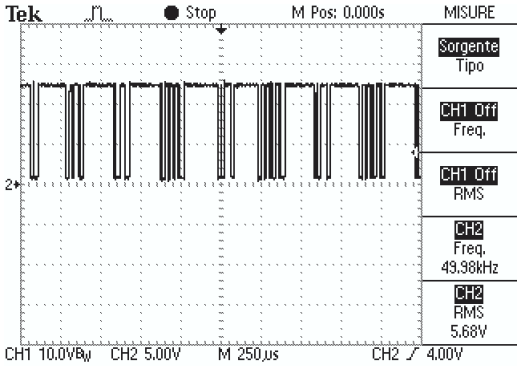


Figura 10 oscillogramma del segnale di pilotaggio (carico 10Ω)

Corrente assorbita a Vin = 12V [A]	Potenza assorbita [W]	Resistenza di carico [↑]	Corrente di uscita (Vout = 5V) [A]	Potenza fornita al carico [W]	Efficienza η [%]
0,257	3,08	10,00	0,5	2,5	81,1
0,491	5,89	5,00	1,0	5,0	84,9
0,731	8,77	3,33	1,5	7,5	85,5
0,970	11,64	2,50	2,0	10,0	85,9
1,231	14,77	2,00	2,5	12,5	84,6
1,496	17,95	1,67	3,0	15,0	83,6
1,750	21,00	1,43	3,5	17,5	83,3
2,020	24,24	1,25	4,0	20,0	82,5

Tabella 2 Misure sul prototipo

Ricordando che in un partitore resistivo costituito da due resistenze Ra e Rb, l'attenuazione ai capi di Rb è pari a 1 + Ra / Rb, ed eguagliando alla formula precedente si ottiene:

1 + Ra / Rb = 4, da cui **Ra / Rb = 3**

cioè occorrono due resistenze il cui rapporto sia esattamente 1 a 3. Nelle serie di valori standard E6/E12 non esistono tali resistenze, e allora ho provveduto (per Rb) a porre in parallelo due resistenze da 2200Ω, che forniscono 1100Ω, esattamente pari ad 1/3 di Ra, uguale a 3300Ω.
Avendo a disposizione una resistenza di valore esatto 1100Ω, si può ovviamente utilizzare al posto di R2 o R3, non montando l'altra resistenza.
Il motivo per cui preferisco utilizzare sempre valori della serie E6/E12, è legato alla facile reperibilità delle resistenze, anche SMD, appartenenti a queste serie.
L'uscita del driver interno, riportata sul pin 8 dell'integrato, pilota la coppia di transistor complementari Q2/Q3.
Come al solito, la coppia può essere di qualsiasi tipo, ad esempio BC327/BC337, 2N2222/2N2904, eccetera.
Sul MOSFET a canale P è montata una piccola aletta di raffreddamento del tipo a clip, per contenitore TO220, con resistenza termica pari a circa 20°C/W.
Ricordando che le perdite stimate nel MOSFET sono pari a 2,338W, e trascurando le altre resistenze termiche, ininfluenti se paragonate a 20°C/W, ne risulta un aumento di temperatura pari a:

$$\Delta T = 2{,}338 * 20 = 47°C$$

Se il nostro switching deve funzionare fino alla temperatura ambiente di 40°C, l'aletta (ed approssimativamente il MOSFET) arriverà al massimo ad una temperatura di 40 + 47 = 87°C, sicuramente accettabile, benché ustionante al tocco. Per il diodo ho scelto uno schottky 1N5821 da 30V/3A di corrente media, in quanto, considerando che il diodo conduce una corrente media di 4A solo durante la fase OFF, ne risulta una corrente media generale di 4 * 50% = 2A, assumendo ancora una volta il duty-cycle pari al 50%. Altri diodi schottky che potete utilizzare sono l'SB340 (40V/3A), l'SB540 (40V/5A), il BYS26-45 (45V/3A), l'SS34 (40V/3A SMD), eccetera.

MISURE

Montato il circuito, e verificatone il corretto funzionamento, ho collegato in uscita un carico costituito da resistenze da 10Ω-5W in parallelo, in numero via via crescente, fino ad un massimo di 8, corrispondenti ad un carico massimo pari a 10 / 8 = 1,25Ω.
Se vorrete replicare le stesse misure sul vostro circuito, ricordate di utilizzare cavi di collegamento di sezione adeguata, in quanto è facile aggiungere qualche decimo di Ohm al carico, oppure causare cadute della tensione di ingresso, falsando notevolmente le misure (tabella 2).
In figura 10 ho riportato l'oscillogramma rilevato al pin 8 dell'integrato MC34063, con un carico in uscita pari a 10Ω: notate il classico funzionamento a burst del controllo PFM. Il MOSFET esterno si attiva quando questo segnale è basso, e si nota come questo avvenga raramente, come normale che sia considerato il piccolo carico.
La frequenza visualizzata in basso a destra non è ovviamente quella corretta, in quanto l'algoritmo di misura dell'oscilloscopio non riesce a calcolare un valore sensato con forme d'onda aperiodiche come questa.

CONCLUSIONI

Nella prossima puntata esamineremo più in dettaglio la struttura interna ed il funzionamento del circuito integrato MC34063, e lo impiegheremo nella realizzazione di uno switching in tipologia inverting. Sarà presente come al solito la parte teorica relativa al calcolo delle perdite negli switching.

Non potete mancare!

Le so tutte!!!

Rispondi correttamente al quiz e parteciperai all'estrazione di un'abbonamento omaggio a

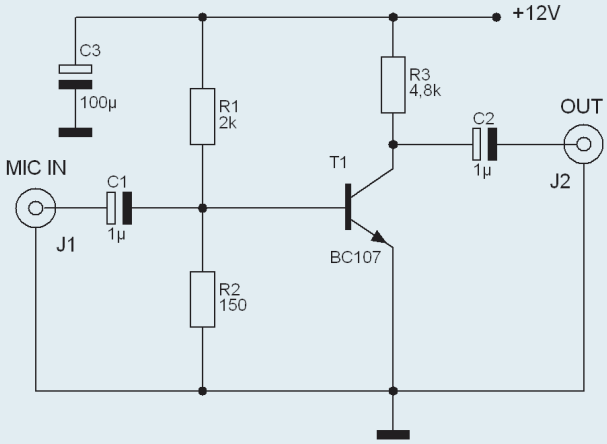
ELETTRONICA

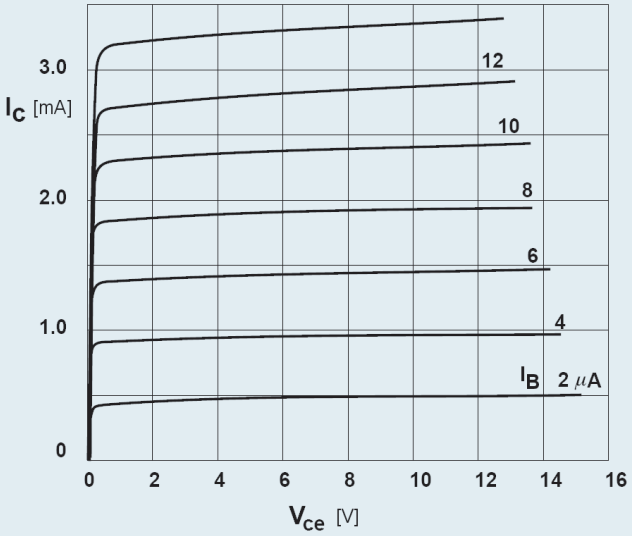
Partecipare è semplicissimo:

rispondi al quesito seguendo il regolamento e, se la risposta si rivelerà esatta, parteciperai all'estrazione di un abbonamento omaggio (o al rinnovo qualora fossi già abbonato) a Fare Elettronica. Ogni mese sulle pagine della rivista troverai il nome del vincitore e la soluzione ad un quesito dei mesi precedenti.
Per tutti i partecipanti è previsto comunque un coupon del 10% di sconto utilizzabile per un acquisto sullo shop di www.farelettronica.com.

QUESITO codice LST23601

Come stadio preamplificatore per microfono, viene utilizzato l'amplificatore ad emettitore comune riportato in figura. L'amplificatore è realizzato con un transistore BC107 del quale sono riportate le caratteristiche di uscita e del quale può assumersi VBE=0,7V. Peccato però che siano stati commessi degli errori nel dimensionamento dei componenti ed il circuito non può funzionare correttamente. Sapreste spiegarne il motivo?





Scadenza: il termine ultimo per rispondere è il 28 Febbraio 2005

Regolamento

1) Il quiz è aperto a tutti i lettori.
2) Saranno considerate esclusivamente le risposte pervenute entro la scadenza indicata nel quesito.
3) Inviare la risposta tramite **email** all'indirizzo lesotutte@farelettronica.com oppure via **fax** allo 02/66508225 o tramite **lettera** a Inware Edizioni, via Cadorna 27- 20032 Cormano (MI), citando il codice del quesito.
4) **Indicare nella risposta il tuo nome, cognome, indirizzo, telefono ed eventuale indirizzo email.** Non ci sarà possibile considerare le risposte con **dati mancanti o insufficenti.**

Telecomando ad onde

Nella vita di tutti i giorni è esigenza comune dover comandare l'accensione e lo spegnimento di un utilizzatore posto a diversi metri di distanza o addirittura in un altro ambiente. Questo circuito è stato progettato e realizzato per assolvere questo compito senza stendere neppure un cavo!

Il comando a distanza è un qualcosa di cui non si può e non si potrà mai fare a meno. E' un qualcosa con cui abbiamo a che fare praticamente sempre e ovunque, dall'accendere la TV all'aprire il cancello di ingresso. E' noto che esistono varie tecnologie per realizzare tali comandi: il più semplice, e spesso il più economico, è quello di stendere un cavo che parta dal punto di comando e arrivi all'utilizzatore. Tale soluzione, sebbene molto semplice e realizzabile da tutti, è anche a volte molto laboriosa; basti pensare al percorso che deve fare un cavo per passare da una stanza all'altra, dovendo attraversare pareti divisorie e camminando, spesso in maniera non molto estetica, inchiodato ad altre. Fortunatamente oggi la tecnologia ci viene incontro con l'utilizzo delle onde radio: il trasmettitore genera nell'etere un segnale radio e uno o più ricevitori, captando il segnale generato, comandano l'utilizzatore. Questa soluzione, sebbene largamente utilizzata, può presentare degli inconvenienti. Infatti se il trasmettitore e il ricevitore sono separati da diverse pareti, a meno che la potenza del trasmettitore e/o la sensibilità del ricevitore non siano elevate, l'azione di comando non può avvenire. Inoltre realizzare dispositivi che lavorano in alta frequenza non è una cosa semplice sia perché oramai l'etere "è saturo" per cui bisognerebbe sempre modulare una portante con un codice, sia perché addirittura la sola realizzazione del circuito stampato della parte in AF risulta critica a causa di capacità parassite che hanno il potere addirittura di bloccare l'oscillazione. Per fortuna oggi non si hanno più di questi problemi perché in commercio esistono moduli RF ibridi, ma questi rimangono ancora troppo costosi per essere utilizzati in una banale operazione di comando ad un canale.

Già da diverso tempo, soprattutto nell'ambito della domotica, viene utilizzata la tecnologia delle onde convogliate: l'idea è quella di sfruttare l'impianto di alimentazione elettrica come canale dove trasmettere il segnale di comando. In altri termini nei cavi di rete oltre ad essere presente la tensione a 220V a 50Hz viene "iniettato" dal trasmettitore un altro segnale a frequenza diversa: in questo modo collegando il ricevitore a qualsiasi presa elettrica dell'impianto questo può captare tale segnale e comandare un utilizzatore. Questa soluzione presenta i vantaggi di un collegamento non fisso in cui i punti di comando e di utilizzazione possono variare (basta collegare trasmettitore e ricevitore a qualsiasi presa elettrica dell'impianto) e di un'alimentazione diretta dalla rete elettrica. Uno svantaggio però c'è: le due unità devono necessariamente trovarsi nell'impianto alimentato da uno stesso contatore. Infatti il segnale non riesce ad attraversare il contatore a causa di filtri presenti in questo che bloccano frequenze in uscita diverse dalla 50Hz.

Mino Mazzella
onimam@libero.it

convogliate

SCHEMA ELETTRICO DEL TRASMETTITORE

Prima di procedere alla descrizione del funzionamento del trasmettitore tengo a precisare che molte scelte progettuali sono state guidate dal cercare di utilizzare componenti di facile reperibilità e di recupero da schede riciclate, e dal cercare di ridurre al massimo l'ingombro. Infatti per l'utilizzo che ne ho fatto mi serviva che il circuito fosse il più piccolo possibile e realizzabile senza problemi su piastra millefori. Inoltre ho cercato di utilizzare componenti che avevo già a disposizione: con questo voglio far presente, a coloro che verificheranno i valori dei componenti presenti nel circuito, che alcuni componenti sono stati presi con valore non proprio "vicino" a quello teorico.

Nell'analizzare lo schema elettrico di figura 1, partiamo da IC1-a: questo si trova a funzionare come oscillatore sinusoidale nella ben nota configurazione a ponte di Wien. La frequenza di oscillazione, imposta dai valori di R2-C1 e R3-C2, è di 70 kHz. Si è scelta un'onda sinusoidale per inviare sulla rete un segnale più pulito possibile. La rete D1, D2, T1 serve a stabilizzare e a mantenere il segnale di uscita sinusoidale. La semplicità di questa rete di stabilizzazione si paga però con l'inconveniente che la taratura di T1 venga fatta facendo uso di un oscilloscopio; infatti la sua regolazione non solo determina la sinusoidalità del segnale in uscita, ma anche l'entrata in oscillazione del circuito. Il segnale così generato viene poi prelevato da IC1-b che provvede ad amplificarlo e a mandarlo ad MF. Questa è una media frequenza, di quelle che si trovano nei ricevitori radio, e ha il compito di isolare elettricamente tutto il circuito dalla rete a 220V e contemporaneamente trasferire il segnale sulla rete. Tale segnale riesce ad attraversare il filtro serie C8-L1 accordato proprio sui

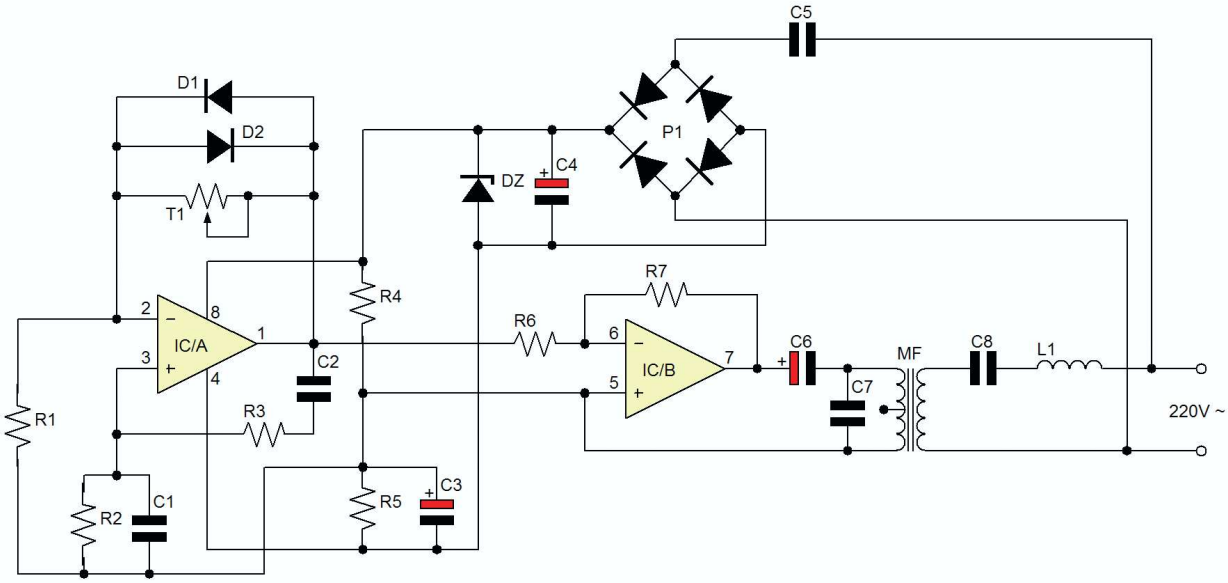


Figura 1 Schema elettrico del trasmettitore

70kHz e a giungere sulla rete. Il filtro inoltre blocca la tensione a 220V comportandosi nei suoi riguardi da circuito aperto salvaguardando in questo modo i sottili avvolgimenti di MF. Il tutto viene alimentato direttamente dalla rete dal blocco DZ ,C4,P1 e C5: quest'ultimo, tramite la sua caduta reattiva (e quindi senza riscaldamento), limita la corrente che scorre in DZ il quale stabilizza la tensione, raddrizzata da P1 e filtrata da C4, a 12V. Il circuito era stato pensato per rendere contemporanea l'accensione e lo spegnimento di due apparecchiature distanti tra loro, per cui il trasmetitore veniva posto in parallelo ad una delle due apparecchiature e cominciava a trasmettere quando questa veniva alimentata. Volendolo usare come vero e proprio telecomando basta interporre tra uno dei morsetti di alimentazione e la rete un interruttore.
Vorrei, infine, fare un'altra precisazione: per una questione di sicurezza in parallelo a C5 andrebbe collegata una resistenza di valore elevato (1Mohm) per scaricare il condensatore una volta staccato il circuito dalla rete, così da salvaguardare chiunque venga a contatto con il dispositivo da eventuali scosse.

Elenco componenti TRASMETTITORE	
Sigla	**Valore**
R1	3,3 KΩ 1/4 W
R2, R3	2,4 KΩ 1/4 W
R4, R5	10 KΩ 1/4 W
R6	1,5 KΩ 1/4 W
R7	15 KΩ 1/4 W
T1	Trimmer multigiri 10 KΩ
C1, C2	1000 pF ceramico
C3, C4	100 µF 25 V elettrolitico
C5	0,33 µF 400 V poliestere
C6	2,2 µF 25 V elettrolitico
C7	2200 pF ceramico
C8	0,1 µF 400 V poliestere
D1, D2	1N4005
DZ	Zener 12 V 1 W
P1	Ponte raddrizzatore 1 A
IC1	TL082
MF	Media frequenza (vite bianca)
L1	Induttanza 100µH

SCHEMA ELETTRICO DEL RICEVITORE

Il segnale inviato dal trasmettitore attraversa l'impianto elettrico arrivando a tutte le prese elettriche presenti. Se il ricevitore è collegato ad una di queste, il segnale tramite il filtro C1-L1 giunge al trasformatore MF. Anche qui il la fun-

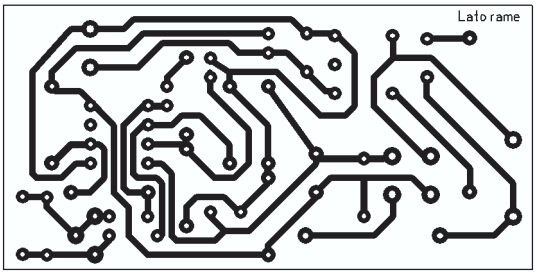


Figura 2 Circuito stampato del trasmettitore in scala 1:1 (lato rame)

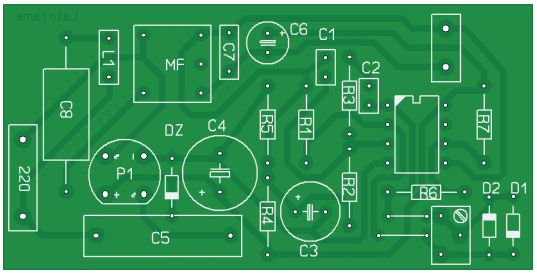


Figura 3 Posizionamento componenti del trasmettitore

Figura 4 Prototipo del trasmettitore realizzato su piastra millefori

zione del filtro è quella di bloccare la tensione di rete e di lasciarsi attraversare dalla sola frequenza di comando. Il debole segnale può raggiungere la base di Q1; questo, grazie alla presenza di L2 e C6, si comporta da amplificatore accordato ed amplifica la sola componente a 70kHz bloccando eventuali segnali spuri che possono essere presenti sulla rete. Infatti, la presenza di elettrodomestici o apparecchi elettronici collegati alla rete, introduce parecchi disturbi. Sul collettore del transistor quindi C7 preleva il segnale e lo manda ad IC1, un comunissimo decodificatore di nota, accordato, tramite la rete T1,R6 e C11 sui 70Khz. Quando sul piedino 3 tale integrato "sente" un segnale alla stessa frequenza di quella impostatagli dall'esterno, manda basso il piedino 8; a questo punto Q2 va in conduzione attivando il fototriac il quale a sua volta, mantenendo in isolamento galvanico tutto il circuito, può mandare in conduzione TR e trasferire la 220V al carico. Anche qui come nel trasmettitore, troviamo la rete C2, P1, DZ, C3 che converte i 220V alternati in 4,7V continui necessari all'alimentazione dell'intero apparato.

MONTAGGIO E TARATURA

Sia il trasmettitore che il ricevitore possono essere realizzati su piastra millefori, data la semplicità dei circuiti e l'assenza di elementi critici. Chiaramente la realizzazione su circuito stampato risulta più pulita e funzionale, per questo ho realizzato i disegni di figura 2 e 6.

Quello che raccomando è di controllare, sia che si realizzino i circuiti su piastra millefori sia che si realizzino su stampato, la correttezza dei collegamenti e delle saldature; infatti entrambi i circuiti sono sotto tensione di rete per cui un collegamento errato o il corto circuito di due piste può portare alla distruzione dei componenti e/o a situazioni di estrema pericolosità. I due circuiti possono poi essere alloggiati in normalissimi contenitori plastici. Altra precisazione va fatta riguardo il triac nel circuito ricevitore: se il carico da pilotare risulta essere di qualche centinaia di watt è bene montare il componente su dissipatore.

Per quanto riguarda la taratura del trasmettitore, come si diceva sopra, occorre un oscilloscopio: si da alimentazione al circuito e si pone la sonda dell'oscilloscopio ai capi di C7. A questo punto si regola il trimmer T1 fino a che l'onda non diviene perfettamente (o quasi) sinusoidale. Per chi non dispone di un oscilloscopio potrà tarare il circuito utilizzando un tester commutato a frequenzimetro; la taratura in questo caso consiste nel regolare T1 fino a leggere una frequenza prossima ai 70kHz.

Una volta tarato il trasmettitore lo si collega ad una presa dell'impianto in modalità di trasmissione e si passa alla taratura del ricevitore. Si collega questo ad un'altra presa dell'impianto e si regola T1 fino a che sul carico non è presente tensione (ciò può essere verificato collegando una lampada da pochi watt all'uscita del ricevitore). A questo punto il circuito è pronto a fun-

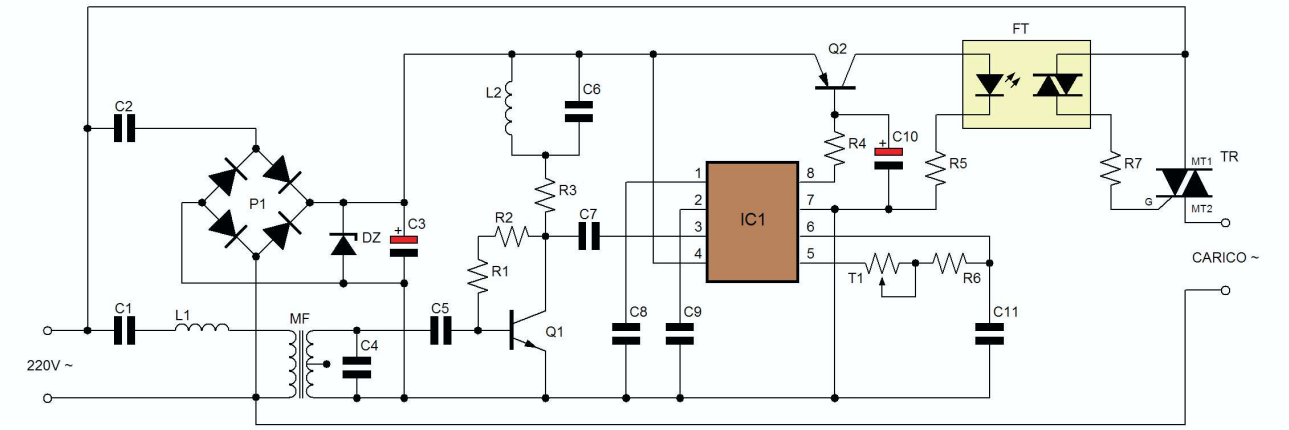


Figura 5 Schema elettrico del ricevitore

zionare: alimentando il trasmettitore si vedrà il carico sul ricevitore attivarsi.

CONCLUSIONI

Sebbene il circuito funzioni perfettamente andrebbe ancora perfezionato. Infatti esso è comunque soggetto ad interferenze dovute alla elevata quantità di disturbi presenti sulla rete elettrica che possono attivare il carico istantaneamente anche se il trasmettitore non viene alimentato.

Elenco com ponenti RICEVITORE	
Sigla	**Valore**
R1, R2	1 MΩ 1/4 W
R3	2,4 KΩ 1/4 W
R4	10 KΩ 1/4 W
R5	470 Ω 1/4 W
R6	1,2 KΩ 1/4 W
R7	220 Ω 1/4 W
T1	Trimmer 2,2 KΩ
C1	0,1 µF 400 V poliestere
C2	0,33 µF 400 V poliestere
C3	1000 µF 25 V elettrolitico
C4	2,2 KpF ceramico
C5, C7	10 KpF ceramico
C6	47 KpF ceramico
C8	100 KpF ceramico
C9	0,33 µF poliestere
C10	10 µF 25 V elettrolitico
C11	10 KpF ceramico
DZ	Zener 4,7 V 1 W
P1	Ponte raddrizzatore 1 A
L1, L2	Induttanza 100 µH
MF	Media frequenza (vite bianca)
Q1	BC547
Q2	BC557
IC1	LM567
FT	Fototriac MOC3011
TR	Triac 400 V 6 A

La funzione di C10 nel circuito ricevitore è proprio quella di ridurre questi "falsi comandi". La soluzione ottimale sarebbe quella di modulare il segnale a 70kHz (semmai alzando anche la frequenza della portante) con un segnale codificato. In questo modo si riesce anche, modulando con diversi codici, ad attivare con un solo telecomando più ricevitori diversi. Il circuito descritto in questo articolo pone le basi, a voi le eventuali migliorie.

Vi ricordo che su entrambi i circuiti è presente la tensione di rete, quindi vanno maneggiati con estrema cura e racchiusi in scatole plastiche, la tensione di rete può essere mortale.

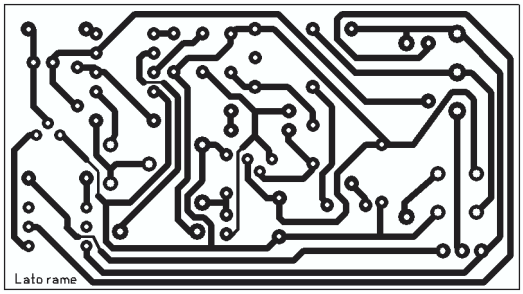


Figura 6 Circuito stampato del ricevitore in scala 1:1 (lato rame)

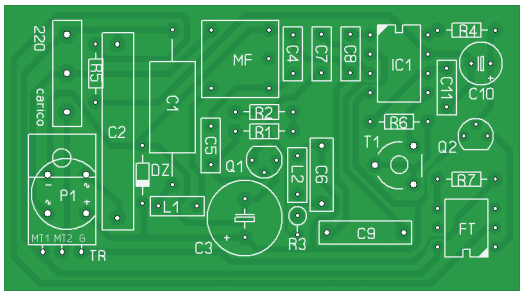


Figura 7 Posizionamento componenti del ricevitore

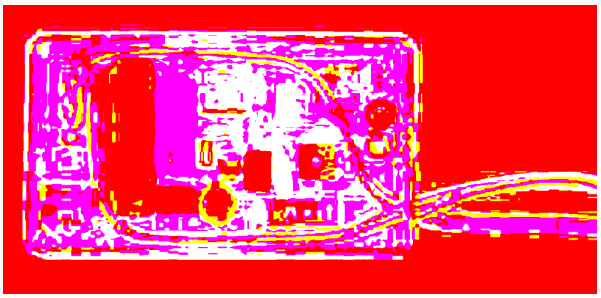


Figura 8 Prototipo del ricevitore realizzato su piastra millefori

I CD-ROM di Fare ELETTRONICA

Annata 2003 e 2004

22 Uscite di Fare Elettronica in 2 CD-ROM!

Due annate complete in formato ACROBAT (PDF).

Potrai sfogliare comodamente tutte le riviste uscite nel 2003 e nel 2004 e stampare gli articoli di tuo interesse.

I CD delle annate sono acquistabili separatamente oppure insieme ad un prezzo scontato.

Vitamina C

Il corso base di Vitamina C in formato ACROBAT (PDF)

Tutte le lezioni del corso base al linguaggio C comodamente consultabili e stampabili in alta risoluzione.

Notevolmente migliorata e completata rispetto alla versione originale pubblicata sulla rivista.

Il CD-ROM Vitamina C contiene una sezione di contenuti speciali tutta da scoprire.

PIC® Microcontroller By Example

Il corso completo PIC® Microcontroller By Example in formato ACROBAT (PDF)

Tutte le lezioni pronte per la consultazione con i sorgenti dei progetti immediatamente utilizzabili nelle tue applicazioni.

Il modo migliore per avere sempre sottomano la soluzione per il tuo progetto con i PICmicro®.

Il CD-ROM PIC® Microcontroller By Example contiene una sezione di Contenuti Speciali tutta da scoprire.

Ordinali subito su www.farelettronica.com oppure telefona allo 02.66504794

Inware Edizioni - Via Cadorna, 27/31 - 20032 Cormano (MI)

Quarta parte
Implementazione del protocollo MODBUS ASCII

Quinta parte
Simulatore PLC

Sesta parte
Il programma di supervisione

Applicazione embedded

In questa puntata analizzeremo l'ultima parte per quello che riguarda Windows e Visual Basic e cioè il programma di Supervisione che si occupa di visualizzare e gestire il flusso di informazioni tra il PC ed il PLC.

Nella scorsa puntata abbiamo esaminato l'emulatore di un generico PLC che aveva come compito quello di farvi comprendere la struttura base di un PLC e di testare in maniera esaustiva la parte di programma relativa alla supervisione. Ora, utilizzandolo, potremo meglio comprendere come un programma di supervisione gestisce le informazioni che provengono da un PLC o da qualsiasi altra fonte esterna. Per fonte esterna si intende anche una qualsiasi scheda dotata di microcontrollore che colloquia via RS232. Tale scheda sarà appunto presentata in futuro e permetterà di gestire diversi I/O digitali ed alcuni ingressi analogici.

LA SUPERVISIONE

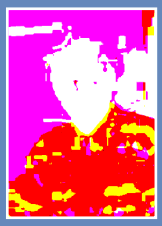
Cosa si intende esattamente per *supervisione*?
Sostanzialmente di un programma/applicazione che permette di, appunto, supervisionare e/o controllare lo stato ed il corretto funzionamento di un particolare sistema e nel nostro caso, di un'imbarcazione.
Qualsiasi sistema può essere supervisionato ed in campo industriale esistono numerose applicazioni di questo tipo. Si va dal controllo di una macchina utensile, ai grandi impianti come le raffinerie o le centrali elettriche.
Per esigenze di semplificazione il numero di controlli gestiti è inferiore rispetto a quello che in realtà si dovrebbe gestire in una imbarcazione. I concetti descritti sono però gli stessi.
Il programma, contrariamente all'emulatore PLC, è composto da diverse schermate, ognuna adibita ad uno specifico compito.
Per prima cosa analizzeremo le diverse schermate e la funzionalità del programma poi, in dettaglio, la struttura ed i sorgenti.

In figura 1 vediamo la schermata iniziale del programma di supervisione, nella quale possiamo osservare:

- Sullo sfondo il prospetto della barca.
- In basso la fila di tasti che permette di spostarsi tra le varie videate che compongono l'applicazione.
- Nella parte in basso a sinistra del prospetto, i vari OCX dei controlli di tipo Timer.
- Nella parte in basso a destra sempre del prospetto, il contatore dei cicli effettuati dal Timer principale.
- Nella parte a destra, nella fila dei tasti, l'orologio.

Figura 1 *Schermata iniziale del supervisore*

Gianroberto Negri
info@gnrs.it



Il programma di supervisione

- Nella parte alta del prospetto l'icona che, in caso di allarme in atto, inizia a lampeggiare.

I tasti hanno la seguente funzione:

- *PROSPETTO*: visualizza la schermata del prospetto della barca.
- *PIANTA*: visualizza la schermata della pianta della barca.
- *TANKS/TENSIONI 220V*: visualizza la schermata con i livelli e le tensioni della barca.
- *Log MODBUS*: visualizza la schermata del LOG del traffico MODBUS tra PC e PLC.
- *HISTORY*: visualizza la schermata con il LOG degli allarmi che si sono verificati.
- *STOP ALLARME*: blocca lo stato di allarme per alcuni secondi.

Figura 2 Schermata PROSPETTO

Figura 3 Schermata PIANTA

Vediamo le altre, una alla volta seguendo l'ordine dei tasti:

PROSPETTO: schermata del prospetto della barca (figura 2) che ha la funzione di visualizzare:

- Luci VERDE, ROSSA se attive.
- Pompe di Sentina se in funzione (Pompa 1 e 2).
- Allarme Sentine per rilevamento acqua (Sentina 1 e 2).
- Messaggio di allarme lampeggiante inerente alla situazione pericolosa riscontrata.

Sono anche presenti due tasti:

- *MENU* che fa ritornare alla schermata principale.
- *STOP ALLARME* che blocca lo stato di allarme per alcuni secondi.

Una precisazione che vale per tutte le schermate del programma: la presenza di icone o immagini, come ad esempio quella per la luce verde, indica che la stessa è accesa, in caso contrario l'icona non viene visualizzata. Lo stesso vale per le icone inerenti a situazioni di allarme come quelle che evidenziano la presenza di acqua in sentina. Queste vengono visualizzate solo in caso di allarme altrimenti non sono visibili.

PIANTA: schermata della pianta della barca (figura 3) che ha la funzione di visualizzare:

- Allarme Fumo/Incendio se riscontrato (Sensore Fire 1 e 2).
- Messaggio di allarme lampeggiante inerente alla situazione pericolosa riscontrata.

Sono anche presenti due tasti:

- *MENU* che fa ritornare alla videata principale
- *STOP ALLARME* che blocca lo stato di allarme per alcuni secondi.

TANKS/TENSIONI 220V: schermata dei livelli e tensioni (figura 4) che ha la funzione di visualizzare:

- Livelli carburante, acqua potabile, acque nere
- Allarmi di livello degli stessi.
- Tensioni ed assorbimento generatore 1, 2 e presa da terra.
- Allarmi di overload (sovraccarico).

Sono anche presenti i seguenti tasti:

- *ON Generatore 1.*
- *OFF generatore 1.*
- *ON generatore 2.*
- *OFF generatore 2.*
- *ON terra.*
- *OFF terra.*
- *MENU* che fa ritornare alla schermata principale.
- *STOP ALLARME* che blocca lo stato di allarme per alcuni secondi.

In questa schermata ci soffermeremo per spiegarne il funzionamento più in dettaglio. Sulla sinistra troviamo rispettivamente la barra del carburante, poi quella dell'acqua potabile ed infine quella delle acque scure o di scarico. Per ognuna di esse, nella parte inferiore, troviamo una zona per i messaggi di allarme che la riguardano. Ad esempio, se il livello del carburante scende troppo viene visualizzato un messaggio di basso livello, mentre se sale troppo un messaggio di livello alto. Nella parte destra troviamo i due generatori e la presa da terra (alimentazione dalla banchina alla quale è attraccata l'imbarcazione quando non è, ovviamente, in navigazione). Il generatore 2 e la terra

Figura 4 Schermata TANKS/TENSIONI 220 V

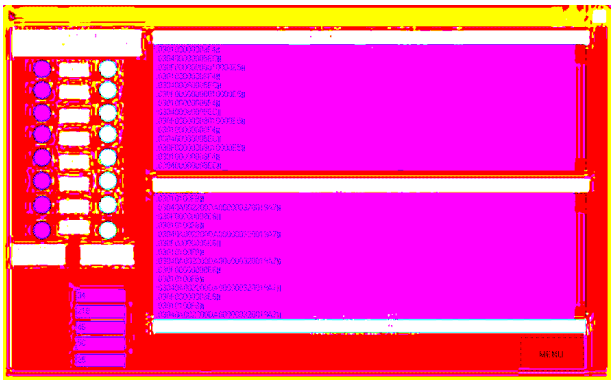


Figura 5 Schermata LOG MODBUS

Figura 6 Schermata LOG ALLARMI (HISTORY)

sono simulati direttamente dal programma di supervisione, mentre il generatore 1 riceve direttamente i valori dall'emulatore del PLC.

LOG MODBUS: schermata del LOG del traffico MODBUS tra PC e PLC (figura 5) che ha la funzione di visualizzare:

- Buffer risposte/comandi del protocollo.

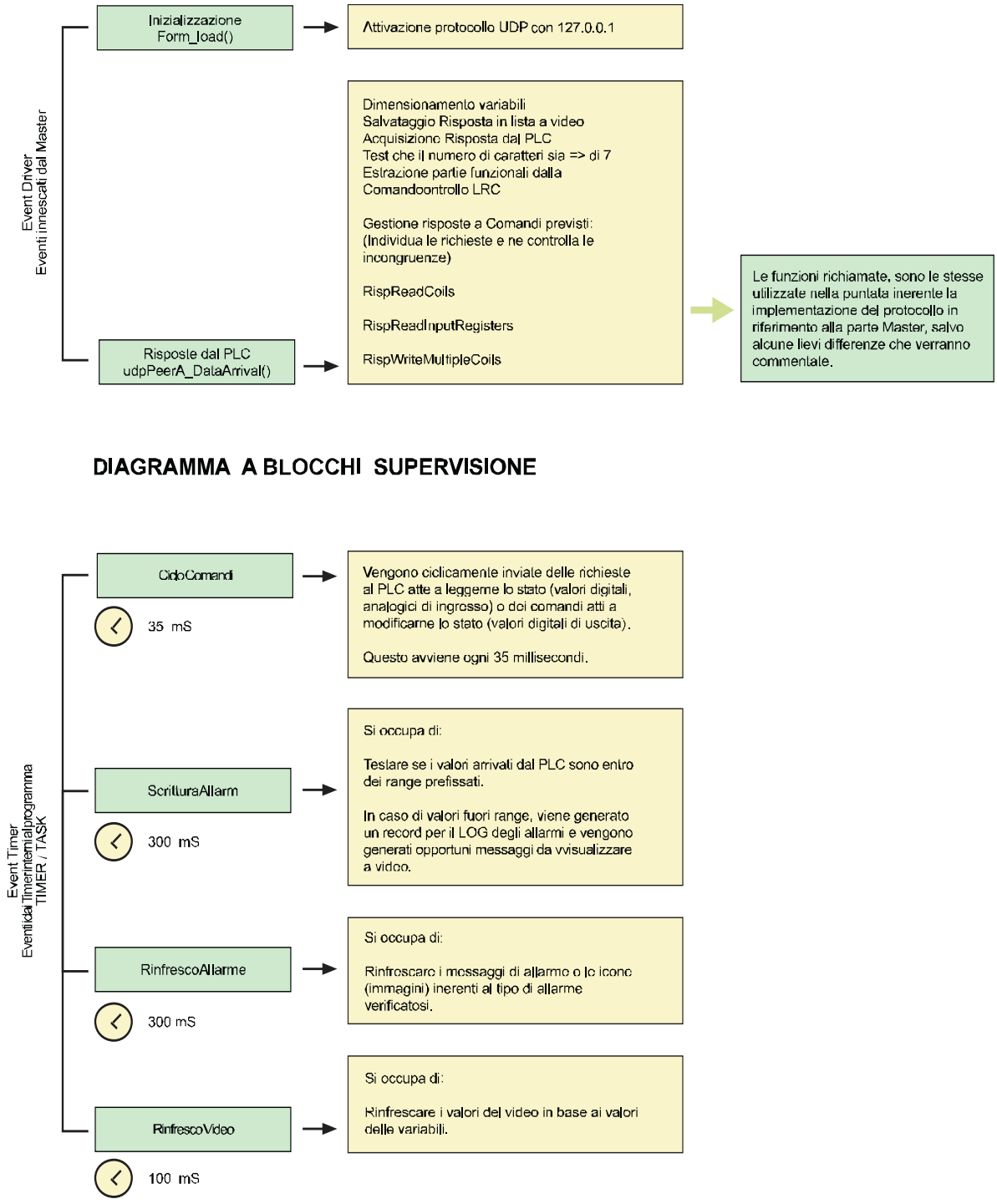


Figura 7 *Struttura del programma*

- Valori word ricevuti.
- Valori binari (stati) inviati/ricevuti.

HISTORY: schermata con il LOG degli allarmi che si sono verificati (figura 6) che ha la funzione di visualizzare gli allarmi che si sono verificati, ordinati in ordine cronologico.

PREMESSA

Prima di analizzare le funzioni principali che compongono il programma, vorrei soffermarmi su di una modifica suggerita da Giuseppe Ziggiotto che ringrazio e riguardante il calcolo dell'LRC. La funzione di calcolo ora è la seguente:

```
Public Function CalcLRC(Stringa) As String
  Dim Temp As Byte
  Dim x As Integer
  Dim Totale As Integer
  Totale = 0
  For x = 1 To Len(Stringa) Step 2
    Temp = HexToDec(Mid(Stringa, x, 2))
    If (Totale + Temp) > 255 Then
      Totale = (Totale + Temp ) - 255
    Else
      Totale = Totale + Temp
    End If
  Next x
  Totale = 255 - Totale
  Totale = Totale + 1
  CalcLRC = Right("00" + Hex(Totale), 2)
End Function
```

Questa và integralmente sostituita nei sorgenti già in vostro possesso.

STRUTTURA

In figura 7 è riportata la struttura interna del programma, vediamo di analizzarla in dettaglio. Come per l'emulatore PLC la stessa è divisa in due distinti blocchi:

- Event Driver.
- Event Timer o Task.

EVENT DRIVER

Il primo blocco è molto simile a quello dell PLC descritto nella scorsa puntata ed è suddiviso a sua volta in:

- Inizializzazione (Form_Load()).
- Risposte dal PLC (udpPeerA_DataArrival()).

L'inizializzazione attiva il colloquio UDP tra se stesso ed il PLC, mentre la gestione risposte dal PLC, effettuata l'inizializzazione delle variabili si preccupa di gestire le risposte in arrivo dal PLC.

Le funzioni utilizzate sono già state analizzate nelle precedenti puntate e sono:

- Per la gestione di Read Coils (01h): **RispReadCoils:**
- Per la gestione di Read Input Registers (04h): **RispReadInputRegisters**
- Per la gestione di Write Multiple Coils (0Fh): **RispWriteMultipleCoils**

Esistono però alcune differenze.
Nei parametri della funzione **RispReadCoils**, non vengono attivati direttamente i Bit a video ma semplicemente viene caricato il loro valore nella matrice:

```
DatiIN(X)=FormatBinary2(HexToDec(DatiHex(X)))
```

Nella funzione **RispReadInputRegisters** cambia la parte finale della funzione che diventa:

```
For X = 1 To (NBytes / 2)
  DatiHex(X) = Mid(BloccoStr, P, 4)
  P = P + 4
Next X
'-------------------------------------------
' deposita i valori nelle variabili di memoria
'-------------------------------------------
FreshWater = HexToDec(DatiHex(1))      ' Word 0
Generator1Volt = HexToDec(DatiHex(2))  ' Word 1
BlackWater = HexToDec(DatiHex(3))      ' Word 2
TankFuel = HexToDec(DatiHex(4))        ' Word 4
Generator1Ampere = HexToDec(DatiHex(5)) 'Word 5
```

Una volta caricati i valori in una matrice di deposito, gli stessi vengono spostati nelle variabili di lavoro, variabili che verranno utilizzate

per aggiornare i valori analogici presenti nelle schermate.

EVENT TIMER O TASK

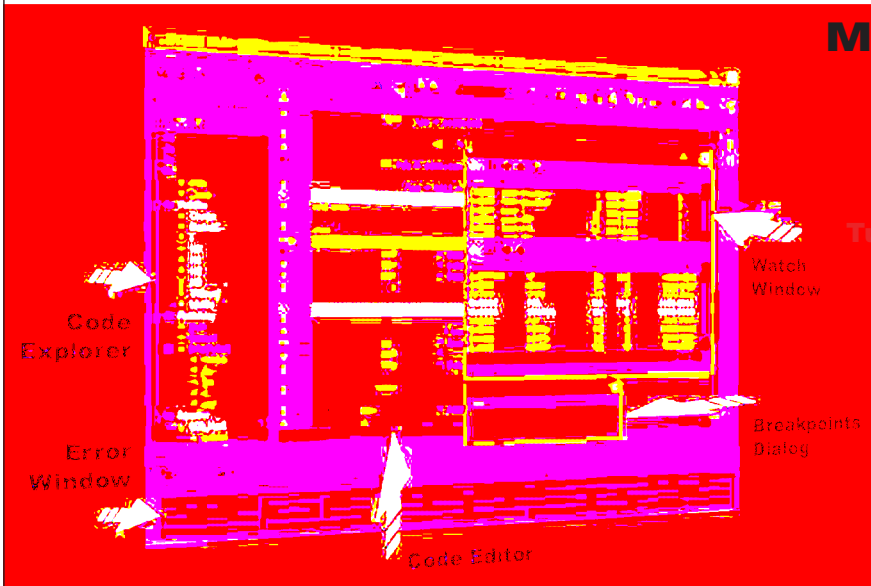
Cosa sia un controllo di tipo Timer è stato ampaimente spiegato nella precedente puntata. I controlli utilizzati, con i rispettivi valori di ciclo sono i seguenti:

- Timer *CicloComandi* 35 millisecondi.
- Timer *ScritturaAllarm* 300 millisecondi.
- Timer *RinfrescoAllarme* 300 millisecondi.
- Timer *RinfrescoVideo* 100 millisecondi.

Tutte le funzioni richiamate dai controlli timer e di seguito descritte, non sono riportate nell'articolo per via della loro lunghezza, ma le trovate nei sorgenti che potete scaricare dal sito di Fare Elettronica).

CicloComandi.
La funzione svolge il compito di inviare ciclicamente ogni 35 millisecondi in sequenza tre comandi ModBus al PLC. La parte posta all'inizio della funzione serve per evidenziare che il timer sta funzionando regolarmente incrementando e visualizzando la variabile del ciclo nella schermata principale. Il test serve ad evitare di superare il massimo valore numerico previsto per quel tipo di variabile. La parte in fondo ha il compito di simulare il progressivo variare dei valori del Generatore2 e della Terra. Il ciclo effettuato mediante la variabile CC ha il compito di variare i valori del Generatore2 e della Terra ogni 5 volte che la funzione viene riciamata. In pratica essendo la

MIKROBASIC
UN POTENTE COMPILATORE BASIC PER PICmicro



MIKROBASIC:
✔ Code Editor
✔ Code Explorer
✔ Debugger
✔ Statistiche
Tutto in un ambiente Windows facile ed intuitivo

...e per provare subito la tua applicazione
c'è easyPIC2
la rivoluzionaria scheda di sviluppo per PICmicro
COMPLETA di programmatore USB on-board

Un set di strumenti veramente indispensabili per sviluppare applicazioni con i PICmicro

Ordinalo subito su www.farelettronica.com oppure telefona allo 02.66504794

funzione richiamata ogni 35 millisecondi si ottiene che l'aggiornamento delle variabili del generatore2 e della terra avviene invece ogni 175 millisecondi. Tecniche di questo tipo sono utilizzate per avere aggiornamenti fatti con tempi differenti all'interno di Task o Timer che girano più velocemente, senza dover introdurre altri task. In *QNX* e *Linux* ho utilizzato spesso tale tecnica per non appesantire troppo il sistema operativo.

ScritturaAllarm_Timer.
Il suo scopo è quello di gestire il verificarsi di situazioni che escono dalla norma. Ad esempio valori troppo alti o troppo bassi nei serbatoi, sovraccarichi dei generatori, presenza di fuoco, acqua ed altre cose simili. Si occupa anche di scrivere nel LOG o History i vari allarmi che si sono verificati, in ordine cronologico di data e di tempo. A proposito del LOG: per la scrittura degli allarmi è stata utilizzata una tecnica che nel caso di persistenza dell'allarme evita di riscriverlo più volte. Poiché la funzione in esame viene richiamata ogni 300 millisecondi se ci si limitasse ogni volta a controllare se sussite un'allarme, lo stesso verrebbe continuamente scritto. Invece occorre che venga scritto soltanto una volta se l'allarme è sempre lo stesso.
Vediamo come fare.
Prendiamo come esempio un allarme d'incendio che sia stato rilevato dal sensore **Fire1**.

```
'*** Allarme presenza Fuoco / Fumo N. 1 ***
If Fire1 = "1" Then
  AllarmSTA = True
  If STALFuoco1 = False Then
    '----------------------
    ' Scrivi allarme in LOG
    '----------------------
    Call ScriviLog(Date, Time, "Fuoco/Fumo
      a bordo su sensore N. 1")
    STALFuoco1 = True
    frmSinott2.MsgAllarme.Text = "Fuoco/Fumo
      a bordo"
    frmSinott2.MsgAllarme.Visible = True
  End If
Else
  STALFuoco1 = False
End If
```

Il test viene fatto con la variabile **Fire1 = 1** e come prima cosa viene posta a Vero (True) la variabile di stato generale di allarme (AllarmSTA). Solo se la variabile *STALFuoco1* è Falsa (False) viene richiamata la funzione di scrittura del messaggio di allarme nel LOG, altrimenti viene saltato il blocco di codice.
In fase di inizializzazione del programma tale variabile viene posta a Falso e questo permette, la prima volta che si verifica l'allarme, di eseguire il codice. Durante l'esecuzione del codice, tra le altre cose viene posta a vero (True) la variabile *STALFuoco1*. Lo stato di Vero della stessa, impedisce di eseguire il codice e quindi di scrivere più volte nel LOG lo stesso allarme.

RinfrescoAllarme_Timer.
Lo scopo di questa funzione è quello di far lampeggiare l'icona di allarme nelle varie videate che la contengono.

RinfrescoVideo_Timer.
Questa funzione si occupa di aggiornare le videate con I valori provenienti dal PLC, visualizzando anche le icone inerenti agli allarmi in atto, come ad esempio quelle di fuoco, di acqua in sentina, di sovraccarico assorbimento generatori.

CONCLUSIONE

Bene questo è quanto occorreva dire in merito al funzionamento del programma di Supervisione. Provate a modificarlo, inserendo nuovi controlli, gestendo nuovi allarmi, l'unico limite è dato dalla vostra fantasia. Avete uno scheletro per costruirvi intorno la gestione più consona alle vostre reali esigenze. È stato portato l'esempio di una barca, ma questo non vuol dire che il tutto non sia addattabile a qualsiasi esigenza di controllo e supervisione.
Questa prima serie finisce qui, abbiamo in preparazione la seconda che tratterà di QNX e Linux.

Quarta parte
Il firmware della scheda madre

Quinta parte
Facciamo il punto

Sesta parte
Impianti e trapianti

Febot: Impianti e

Qualcosa si muove e la fantasia è in continuo fermento... Ecco un esempio di realizzazione della scheda madre che è stata impiantata sulla meccanica di trazione di un robot commerciale.
Certo, ora tale meccanica dovrà anche essere controllata, ma il Febot sta prendendo forma...

UN FEBOT-CYBORG?

Forse parlare di Cyborg è un po' eccessivo, ma l'idea di un nostro fedele lettore Award (questo è il suo nickname nei forum di www.farelettronica.com) di Pisa è veramente originale: perché non usare la meccanica di un robot commerciale per far muovere il Febot?
Detto e fatto Award ha realizzato la scheda madre seguendo gli articoli di Fare Elettronica ed ha pensato bene di abbinarla ai motori di Cybot uno dei tanti robot le cui parti escono in edicola a cadenza mensile.

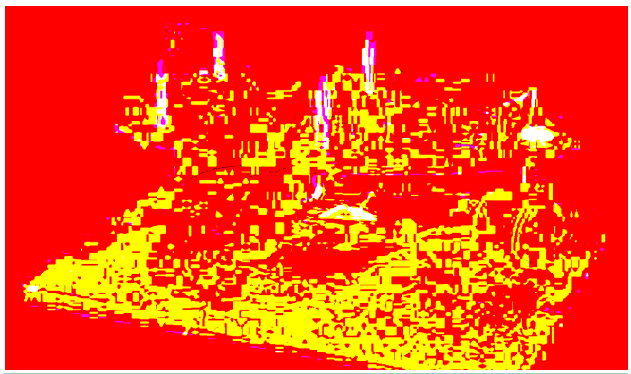


Figura 1 La meccanica "impiantata"

Il risultato? Veramente curioso ed interessante.

LA REALIZZAZIONE

La meccanica

La meccanica utilizzata è quella di figura 1. Una base in plastica su cui sono montati due motori ciascuno dei quali controlla una singola ruota. Per dare un tocco di originalità, Award ha ricavato il ruotino anteriore da un piccolo mobiletto. Il ruotino anteriore è libero e la direzionalità del sistema è garantita dai due motori collegati alle ruote posteriori.

La scheda madre

La scheda madre realizzata da Award è riportata nella figura 2. Per i due regolatori 7805 sono state realizzate delle alette di raffreddamento "artigianali" che sono comunque sufficienti.
Ai due connettori J1 e J2 è stato collegato un flat cable per portare i segnali alle altre schede. In realtà, per come è stato concepito il progetto della

Figura 2 La scheda madre

di Tiziano Galizia
t.galizia@farelettronica.com

e Maurizio Del Corso
m.delcorso@farelettronica.com

Trapianti

scheda madre, i flat cable non sono indispensabili, in quanto le schede aggiuntive verranno inserite direttamente nei connettori J1 e J2 formando una sorta di sandwitch. Alla luce di questo consigliamo di montare i led a 90° in modo che siano visibili anche se una seconda scheda viene inserita sulla scheda madre.

La scheda motori

Questo è il progetto su cui Award sta ancora lavorando: la scheda motori. In figura 3 è riportata la scheda allo stato attuale (ovviamente il prototipo è realizzato su millefori).
La scheda motori impiega un secondo PIC16F876 ed una coppia di driver L293 per il pilotaggio dei motori. La figura 4 mostra il "sandwitch" di schede montate sulla meccanica motori.

CONCLUDIAMO

I nostri dovuti complimenti a Award per l'originalità della sua realizzazione.
Seguiremo con molto interesse l'evolversi del progetto. Nel frattempo invitiamo tutti ad inviarci le vostre realizzazioni e le vostre idee per far sì che il Febot sia presto operativo.
Vi ricordiamo i forum dedicati al progetto sul sito www.farelettronica.com in cui potrete lasciare le vostre idee e suggerimenti o trarre utili spunti per le vostre realizzazioni e la chat da utilizzare per le "idee al volo"!

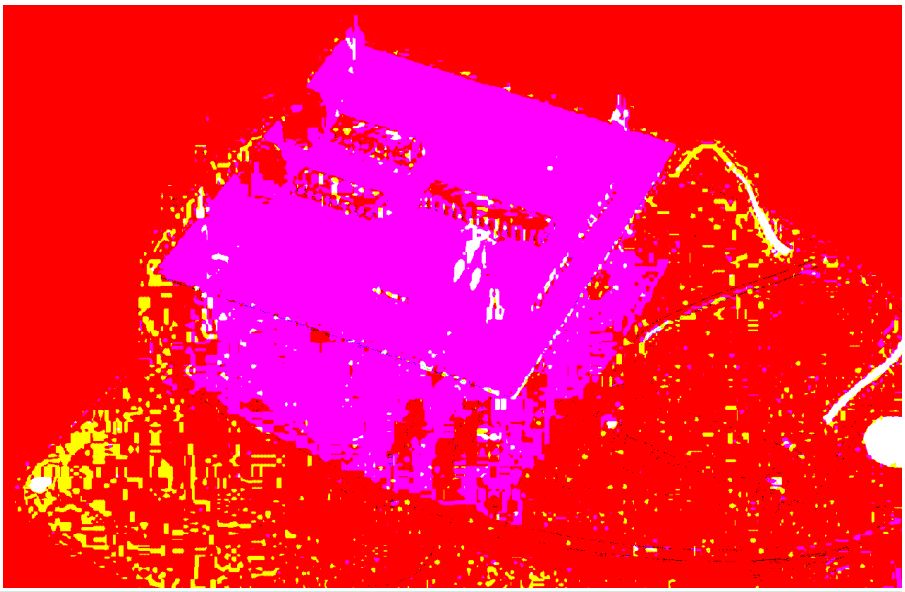


Figura 3 La scheda motori

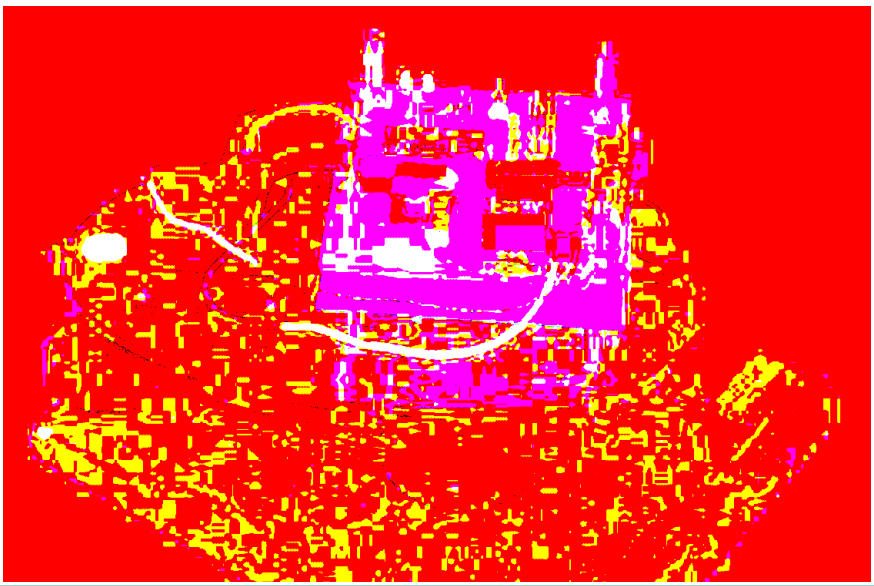


Figura 4 L'embrione del Febot

Scheda di richiesta abbonamento

Si, desidero abbonarmi a FareELETTRONICA a partire dal primo numero raggiungibile

FE - 236

Cognome _____ Nome _____

Azienda _____

Via _____ CAP _____ Città _____ Prov. _____

Tel. _____ Fax _____ email _____

Abbonamento: *(barrare la casella prescelta)*

( ) **Standard:** Mi abbono a Fare Elettronica per un anno (11 uscite) a soli € 39,00 anziché € 51,00

( ) **Rinnovo:** Sono già abbonato ed intendo rinnovare il mio abbonamento in scadenza. Fare Elettronica per un anno (11 uscite) a soli € 39,00 anziché € 51,00, il mio codice abbonamento è _____

( ) **Regalo:** Regalo ad un amico Fare Elettronica per un anno (11 uscite) a soli € 35,00 anziché € 51,00
Riservato agli abbonati, il mio codice abbonamento è _____

( ) **Scuole:** Cinque abbonamenti a Fare Elettronica per un anno (11 uscite) a soli € 156,00 anziché € 195,00
Riservato a Scuole ed Università

Pagherò con: *(barrare la casella prescelta)*

( ) **Bollettino postale**
Utilizzare il **C/C N. 22790232** intestato ad **Inware srl**, indicando nella causale **"Abbonamento a Fare Elettronica"**

( ) **Bonifico bancario**
Appoggiarlo su: **Poste Italiane - CIN: Z - ABI: 07601 - CAB: 01600 - C/C: 000022790232** intestato ad **Inware srl**

( ) **Carta di credito** VISA MasterCard
Titolare: _____
Numero: _____ Scadenza: __ / __

Per completare l'attivazione dell'abbonamento, prego comunicare gli estremi (data e modalità prescelta) dell'avvenuto pagamento via telefono al numero (+39) 02.66504794 o via fax al numero (+39) 02.66508225

Privacy. Il trattamento dei dati, in forma automatizzata e con modalità strettamente connesse ai fini, con garanzia di riservatezza, è finalizzato all'invio del presente periodico allo scopo di informare ed aggiornare i lettori e gli operatori del settore elettronico sulle novità che il mercato propone. Potranno essere esercitati i diritti di cui all'articolo 13 della legge 675/96 (accesso, correzione, cancellazione, opposizione al trattamento, ecc.). Il titolare del trattamento dei dati è Inware srl con sede a Cormano (MI) in via Cadorna 27/31. Nel caso si tratti di copia omaggio a titolo promozionale si rende noto che i dati provengono da archivi pubblici. Resta inteso che le informazioni in ns. possesso non saranno in nessun caso cedute a terzi.

Firma _____

ABBONATI SUBITO!

- Compila il coupon e invialo via fax al numero 02.66508225
- Abbonati on-line: www.farelettronica.com
- Spedisci questo coupon in una busta chiusa a INWARE Edizioni - Via Cadorna, 27/31 - 20032 Cormano (MI)
- Chiamaci al numero 02.66504794

INWARE EDIZIONI

radioamatore
elettronica
informatica
telecomunicazioni
radio d'epoca
surplus

Pompei 26/27 febbraio 2005

III MOSTRA MERCATO NAZIONALE del radioamatore dell'elettronica dell'informatica

DXCC DESK

CHECK POINT

PROGETTO I.T.A.

orari mostra mercato

Sabato 26 febbraio
9.00/19.30 orario continuato

Domenica 27 febbraio
9.00/18.30 orario continuato

con il patrocinio

Regione Campania

Provincia di Napoli

Città di Pompei

Pontificio Santuario di Pompei

Azienda Autonoma di Cura Soggiorno e Turismo di Pompei

con la collaborazione

CITTÀ DI POMPEI
COMPLESSO ESPOSITIVO ISTITUTO BARTOLO LONGO

Secondo
Meeting Nazionale ARI-RE
Il Radioamatore nella Protezione Civile

Sabato 26 Febbraio 2005
Casa del Pellegrino
Piazza B. Longo - Pompei
ore 10.00

Associazione Radioamatori Italiani
Ente morale - Sezione di Pompei
Sede: Viale Mons. Luigi di Liegro, 9/C - 80045 Pompei
Casella Postale 14
Info: Tel. Fax 081 859 91 01
www.aripompei.it - info@aripompei.com

DigitalSat
acquista on line su www.digitalsat.it
CONSEGNA IN 24 ORE

ScuolaRadioElettra da oltre 50 anni